INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Studie

„Entstehung und Verbreitung thematischer Trends in Projekten der technologieoffenen Förderung des BMWi“

Projekt I C 4 – 049/17

im Auftrag des

Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Ansprechpartner:

Dr. Jan Wessels
Tel.: 030 310078-176
wessels@iit-berlin.de

Berlin, Februar 2018

Autoren:

Dr. Jan Wessels (Projektleitung)

Dr. Claudia Ritter

Dr. Holger Worrack

Dr. Steffen Wischmann

Guido Zinke

Martin Robeck

Charlotte Lenz

Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH

Steinplatz 1, 10623 Berlin

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung und Fazit 6

2 Zielsetzung der Untersuchung 9

2.1 Hintergrund 9
2.2 Forschungsfragen 11

3 Ergebnisse der Trendanalyse 12

3.1 Übergreifende Ergebnisse der Online-Befragung 12
3.1.1 Die beobachteten Trends 12
3.1.2 Ebenen der Trendbenennung 15
3.1.3 Typische Trendauslöser 15
3.1.4 Zeitliche Einordnung von Trends 18
3.1.5 Typische Trendverläufe 18
3.1.6 Verhältnis zur Diskussion der Fachcommunity / zur gesellschaftlichen Diskussion 19
3.1.7 Themen mit Trendpotenzial 22
3.2 Spezifische Ergebnisse in einzelnen Themenfelder 24
3.2.1 Themenfeld Produktion 24
3.2.2 Themenfeld Gesundheit / Medizintechnik 28
3.2.1 Themenfeld IuK-Technologien 31
3.3 Muster der Trendentwicklung 33
3.4 Ergebnisse des Textmining 35

4 Übergreifende Einschätzung der Vor- und Nachteile der technologieoffenen Förderung 44

5 Methodische Einordnungen 48

6 Anlagen 51

6.1 Untersuchungsdesign 51
6.1.1 Onlinebefragung 52
6.1.2 Textmining 56
6.2 Leitfaden für Experten-Telefoninterviews 58
6.3 Fragebogen der Online-Befragung 59
6.4 Beispieltabelle: Trends im Bereich Automatisierung / Industrie 4.0 für ZIM 71
6.5 ZIM-Trendnennungen der letzten 5 Jahre 73
6.6 ZIM-Themen mit Trendpotenzial der letzten 12 Monate 77
6.7 IGF-Trendnennungen der letzten 5 Jahre 80
6.8 IGF- Themen mit Trendpotenzial der letzten 12 Monate 87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technologieoffene Förderung und Fachprogramme ... 9
Abbildung 2: Häufigkeit der Nennungen von Einzeltrends ... 12
Abbildung 3: ZIM-und IGF-Trendcluster der letzten 5 Jahre ... 13
Abbildung 4: ZIM-Trends der letzten 12 Monate ... 14
Abbildung 5: Auslöser der ZIM-/IGF-Trends ... 16
Abbildung 6: Zentrale Determinanten der Technologieausprägung ... 17
Abbildung 7: Einsetzen der ZIM-/IGF-Trends ... 18
Abbildung 8: Dynamik der ZIM-/IGF-Trends ... 19
Abbildung 9: ZIM-/IGF-Trends als Trendsetter, Trendbegleiter oder Trendnutzer ... 20
Abbildung 10: ZIM-/IGFTrends und öffentliche Diskussion ... 21
Abbildung 11: Vergangene und aktuelle ZIM-Trends ... 23
Abbildung 12: Vergangenen und aktuelle IGF-Trends ... 23
Abbildung 13: Trendnennungen Automatisierung / Industrie 4.0 ... 24
Abbildung 14: Trendnennungen Additive Fertigung ... 25
Abbildung 15: Trendnennungen Leichtbau ... 25
Abbildung 16: Additive Fertigung und ZIM-Technologiefelder ... 26
Abbildung 17: Trendnennungen Werkstoffe ... 27
Abbildung 18: Trendnennungen Personalisierte Medizin ZIM ... 28
Abbildung 19: Trendauslöser personalisierte Medizin ZIM ... 28
Abbildung 20: Trendnennungen POC ZIM ... 29
Abbildung 21: Trendnennungen weitere Themen Gesundheit / Medizintechnik ZIM ... 29
Abbildung 22: Trendnennungen weitere Themen Gesundheit Medizintechnik IGF ... 30
Abbildung 23: Trendnennungen Künstliche Intelligenz ZIM ... 31
Abbildung 24: Trendnennungen Augmented Reality ZIM ... 31
Abbildung 25: Trendnennungen Sonstiges IuK ZIM ... 32
Abbildung 26: Trendnennungen IuK IGF ... 32
Abbildung 27: Diffusion von Trends in neue Anwendungsfelder ... 33
Abbildung 28: Diffusion von Trends in die Breite anwendungsnaher Projekte ... 34
Abbildung 29: Textmining-Clusterergebnisse 2012 ... 36
Abbildung 30: Themenschwerpunkte der Förderung ZIM ... 37
Abbildung 31: Vorclusterung durch Schlüsselbegriffe ... 40
Abbildung 32: Teilcluster Software in Jahresscheiben und charakteristische Wortbestandteile ... 41
Abbildung 33: Übergreifende Wortbestandteilliste und additive Fertigung ... 42
Abbildung 34: Übergreifende Wortbestandteilliste und Automatisierung / Industrie 4.0 ... 42
Abbildung 35: Vorclusterung und Veränderung von Schlüsselbegriffen ... 43

Abbildung 36: Methoden der Gutachterbefragung 52
Abbildung 37: Dauer der ZIM-/IGF-Gutachtertätigkeit 54
Abbildung 38: Grundprinzip des Textmining 56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Trendauslöser im Bereich „personalisiere medizin“ für ZIM 28
Tabelle 2: Wortbestandteilliste für „Software / Digitalisierung“ im Vergleich 38
Tabelle 3: Wortbestandteilliste „Automatisierung / Industrie 4.0“ im Vergleich 39
Tabelle 4: Befragungsrücklauf 53
Tabelle 5: Gutachter-Themenschwerpunkte IGF 55
Tabelle 6: Gutachter-Themenschwerpunkte ZIM 55
Tabelle 7: Anzahl der analysierten Projektbeschreibungen pro Jahresscheibe 57

1 Zusammenfassung und Fazit

Ziel der vorliegenden Studie war es, die **Entstehung und Verbreitung thematischer Trends in der technologieoffenen Förderung** zu untersuchen. Für die Analyse wurden die beiden Fördermaßnahmen **„Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand - ZIM“** (marktnah) und **„Industrielle Gemeinschaftsforschung - IGF“** (vorwettbewerblich) ausgewählt. Die Programme sind unter anderem aufgrund ihrer Größe und Breite als potentielle Trendsensoren interessant: Seit 2012 wurden in ZIM und IGF zusammen über 25.000 FuE-Projekte bewilligt, dabei waren im ZIM über 10.000 Mittelständler beteiligt, in den projektbegleitenden Ausschüssen der IGF sind es aktuell sogar über 20.000. Gemeinsam ist beiden Programmen, dass sie sich an **kleine und mittlere Unternehmen (KMU)** richten und insbesondere auch die **Absorptionsfähigkeit** dieser Zielgruppe gegenüber technologischen Trends und innovativen neuen Ansätzen stärken sollen.

Beide Programme setzten für die Projektauswahl Gutachterinnen und Gutachter ein, die eine Vielzahl von Anträgen bewerten und damit einen guten Überblick über einzelne Themenschwerpunkte haben. Im Zentrum der Studie stand daher eine Befragung dieser Gutachterinnen und Gutachter, um ggfs. **thematische Trends der Förderung** zu identifizieren, die in den vergangenen fünf Jahren (2012 - 2017) aufgrund vermehrter Anträge zu den jeweiligen Themen sichtbar wurden. Insgesamt nahmen 251 **Gutachterinnen und Gutachter** an der Befragung teil. Dabei zeigten sich interessante Befunde:

- Das Ergebnis der Trendanalyse macht deutlich, dass die **themenoffene Förderung** in den beiden Programmen ZIM und IGF eine **erhebliche thematische Breite an unterschiedlichen Innovationsschwerpunkten** abdeckt, in denen eine **Vielzahl technologischer Einzeltrends** identifiziert werden konnte. Zusammengenommen wurden **für ZIM 189 und für IGF 430 Einzeltrend-Nennungen der letzten fünf Jahre** benannt. Für die letzten zwölf Monate ergab die Befragung **132** (ZIM) bzw. **225 aktuelle Einzeltrend-Nennungen** (IGF).
- Die genannten Trends der beiden Programme lassen sich insbesondere in den zentralen innovationspolitischen Themenfeldern der letzten Jahre verorten. In beiden Programmen finden sich in den letzten fünf Jahren **Trendcluster** in den übergeordneten Bereichen **Industrie 4.0, Produktionsautomatisierung** oder **Digitalisierung der Produktion**, außerdem auch im Bereich der **additiven Fertigung, der Verbundwerkstoffe** und des **Leichtbaus**. Besonders ausgeprägt sind ZIM-Trends im Bereich der **personalisierten Medizin** und der **Point of Care - Diagnostik,** aber auch im Bereich der **Künstlichen Intelligenz.** Für das Programm IGF fallen z.B. häufigere Nennungen von Trends im Bereich der **Energie- und Ressourceneffizienz**, aber auch der **Prozesssimulation in der Produktion** oder von **Brennstoffzellentechnologien** auf.
- ZIM- und IGF-Projekte werden ganz unterschiedlich in Hinblick auf ihre **zeitliche Positionierung zu Diskussionsprozessen** in der Fachcommunity eingeordnet. Ein Teil der Einzeltrends baut zeitlich auf bereits laufenden Fachdiskussionen auf. Knapp 23 Prozent der ZIM-Trends und 20 Prozent der IGF-Trends werden als „**Trendnutzer**“ von bereits in der Fachcommunity sichtbaren Diskussionen gesehen. Die technologieoffene Förderung trägt so dazu bei, dass die frühe Absorption von Trends in der Breite gestärkt wird. Der erhebliche Anteil von Trendnutzern zeigt, dass die marktnahe und anwendungsorientierte Zielgruppe von ZIM und IGF die Programme stark zur **Absorption von Technologietrends** nutzt. Zudem wird deutlich, dass die **Trendverbreiterung** durch die Diffusion von technologischen Lösungen in neue Anwendungsfelder und Anwendergruppen gelingt und dass KMU erfolgreich an neue Trends herangeführt werden, was auch zu Produktivitätssteigerungen beitragen kann.
- Etwa 2/3 der Trends wurden als parallel zu einer solchen Fachdiskussion (in der Umfrage als „Trendbegleiter“ bezeichnet) qualifiziert (66 Prozent für ZIM bzw. 60 Prozent für IGF). Trendbegleiter können auch als **Trendbeschleuniger** verstanden werden, die parallel zur Entwicklung neuer technologischer Lösungen bereits die Umsetzung neuer Technologien in die Anwendung vorbereiten und damit eine **schnelle Absorption von Forschungsergebnissen**

durch KMU und deren wirtschaftliche Umsetzung garantieren. In diesem Sinne ist die technologieoffene Förderung durch die untersuchten Programme ZIM und IGF ein wichtiger Transmissionsriemen im deutschen Innovationssystem.

- Auch wenn die Stärkung der Absorptionsfähigkeit ein zentrales Element der untersuchten Programme ist, werden knapp 10 Prozent der ZIM-Trends sogar als „**Trendsetter**“ qualifiziert, d.h. sie sind bereits früher zu beobachten, als entsprechende Diskussionen in der Fachcommunity einsetzen. Dies ist noch deutlicher bei den vorwettbewerblichen IGF-Projekten der Fall (22 Prozent der Nennungen). Damit gelingt es den insbesondere auf die Breite des deutschen Mittelstands zielenden beiden Programmen in bemerkenswertem Umfang, **neue Forschungsergebnisse und neue Trends zu generieren**.
- Aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter spiegeln sich die beobachteten Trends nur teilweise in einer **breiten, öffentlichen Diskussion** wider. Für 43 Prozent (ZIM) bzw. 54 Prozent (IGF) der Einzeltrends gaben die Gutachterinnen und Gutachter an, dass die öffentliche Diskussion die Trends nur sehr eingeschränkt oder praktisch gar nicht aufgreift. Akteure, die solche Trends quasi „unter dem Radar“ der öffentlichen Wahrnehmung verfolgen, agieren in einer **wirtschaftlich oft sehr lohnenswerten Nische** und sind mitunter gar typische **„hidden champions“**. Dies gilt noch einmal ausgeprägter für die IGF-Trends. Interessant ist darüber hinaus der relativ hohe Anteil von Einzeltrends, die sich erst nach einer laufenden oft „visionär“ geprägten öffentlichen Debatte in Projektanträgen bemerkbar machten. In dieser Verschiebung zeigen sich möglicherweise sehr langfristig in die Zukunft blickende öffentliche Diskussionen zu Trends, die erst mit deutlich zeitlicher Verzögerung auf die Ebene konkreter Umsetzungen gelangen.
- Sehr differenziert ist die **Bewertung der Trendauslöser**. Für die meisten Trends werden mehrere Auslöser angegeben, die sowohl auf technologischen Durchbrüchen wie auch auf veränderten Bedarfen der Kunden / Nutzer und weiteren Auslösern wie regulativen Änderungen aufsetzen. In der Zusammenschau der Befragungsergebnisse, insbesondere mit Blick auf die beispielhafte Entwicklung einzelner Trends, lassen sich übergreifende **Muster der Trendentwicklung** beobachten. Insbesondere die Ausbreitung spezifischer Technologietrends in neue Anwendungsfelder ist ein Indiz dafür, dass es den untersuchten Programmen gelingt, die Diffusion von technologischen Innovationen in die Breite zu unterstützen. Im Zeitverlauf kommen zusätzliche Anwendungsfelder dazu, in denen ein Einzeltrend beobachtet wird. Hierbei dürfte förderlich zum Tragen kommen, dass die **technologieoffene Förderung interdisziplinäre Teambildung** unterstützt und so die **Diffusion von Lösungen in neue Anwendungsfelder** ermöglicht. **„Cross-sektorale Kooperationen“** werden damit zu einem wichtigen Mechanismus der Trendausbreitung. Dabei kann die **Diffusion in neue Anwendungsfelder selbst als Trendauslöser** beschrieben werden, da die so eingeführten technologischen Lösungen neue Technologiepfade mit begründen können.
- Ein weiteres Muster betrifft die Diffusion von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Lösungen in die Breite der Anwendungen, also den **Transfer von Forschungsergebnissen** aus dem Bereich stärker grundlagenorientierter Forschung in Anwendungsszenarien, die insbesondere von stark kundenorientierten KMU getragen werden. Die **interdisziplinäre Zusammenarbeit** unterschiedlicher Akteursgruppen in gemischten Teams trägt dazu bei, dass die Diffusion gelingt. KMU, die insbesondere eine große Kundennähe und Marktorientierung auszeichnet, werden so in ihrem Innovationsverhalten gestärkt.

Die vielfältigen inhaltlichen Ergebnisse bestätigen die **Machbarkeit der methodischen Zugänge** der Studie. Insbesondere die erstmals eingesetzte **Gutachterbefragung** hat sehr **differenzierte Daten** zu Trends in beiden Programmen ergeben und die Möglichkeit eröffnet, Muster der Trendentwicklung zu identifizieren. Die Studie bot zudem Gelegenheit, erste Ansätze eines Textmining-Verfahrens zu erproben und Erfahrungswerte für künftige Untersuchungsdesigns zu sammeln.

Im Rahmen der Studie ließen sich **zentrale Alleinstellungsmerkmale der technologieoffenen Förderung** identifizieren. Diese sorgen insbesondere durch Kooperationen für eine **schnelle Ausbreitung von Trends** aus der Grundlagenforschung in die Breite der anwendungsnahen Forschung sowie über unterschiedliche Anwendungsfelder hinweg. Damit wird die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen als eine der zentralen Säulen des deutschen Innovationssystems in der Breite gestärkt und die Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität der deutschen Volkswirtschaft perspektivisch gesichert.

2 Zielsetzung der Untersuchung

2.1 Hintergrund

Die deutsche Innovationspolitik baut seit vielen Jahren erfolgreich auf zwei zentralen Säulen auf: der technologieoffenen Förderung in Verbundprojekten, Einzelprojekten sowie Netzwerken und Clustern sowie der Verbundprojektförderung im Rahmen von thematisch fokussierten Fachprogrammen. Die Kombination beider Förderansätze trägt erheblich zur Leistungsfähigkeit des deutschen Innovationssystems bei. Fachprogramme ermöglichen eine intensive Zusammenarbeit mit Fach-Communities und eine gewisse politische Steuerung und Priorisierung durch gezielte Themensetzung. Technologiepfade können so systematisch und gemeinsam mit den Innovationsakteuren aus Forschung und Wirtschaft erarbeitet werden. Die technologieoffene Förderung wiederum erleichtert den Zugang von Innovationsakteuren insb. aus dem Mittelstand zur staatlichen Förderung, da diese nicht auf „passende“ Ausschreibungen warten müssen und eigene technologische Prioritäten einbringen können. Ein wesentlicher Vorteil der technologieoffenen, auf KMU ausgerichteten Programme ist somit die große Kunden- und Marktnähe der so erreichten Akteure und die hohe Flexibilität bei der Auswahl der Projektthemen. Beides erleichtert die frühzeitige Aufnahme spezifischer Kundenbedarfe und ihre Übersetzung in spezifische Forschungsbedarfe. Die technologieoffenen Programme können damit die Rolle von Frühindikatoren spielen, welche Lösungsbedarfe tatsächlich in der deutschen Wirtschaft aktuell sind. Die technologieoffene Förderung gleicht damit auch eine Schwachstelle der Förderung im Rahmen von Fachprogrammen aus, die nicht die ganze Bandbreite möglicher Technologietrends abbilden können und eher auf große, bereits etablierte Trends setzen. Zudem können Fachprogramme neue Trends zum Teil erst mit einer gewissen Verzögerung aufgreifen, weil die Programmentwicklung und die Formulierung neuer Ausschreibungsrunden ihrerseits Zeit benötigt.

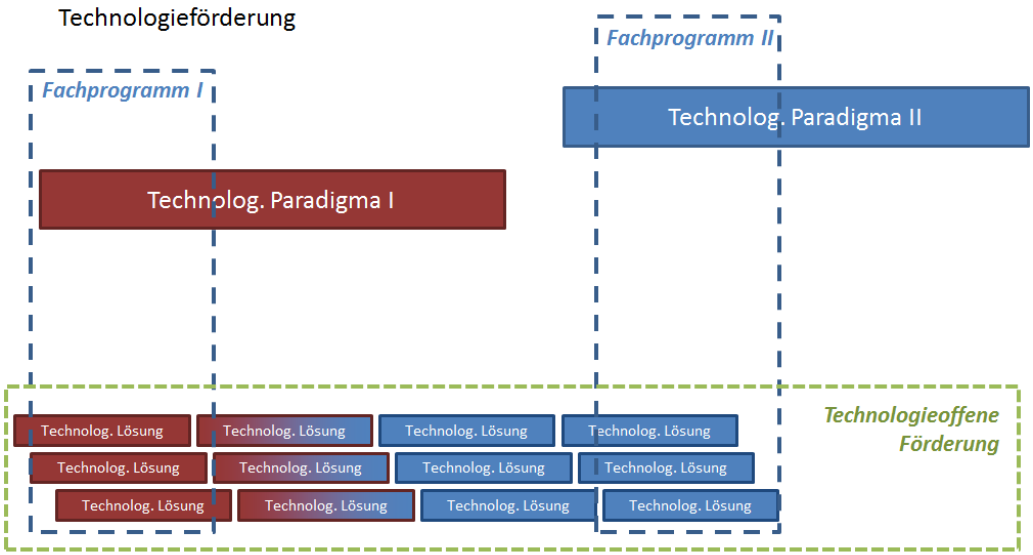


Abbildung 1: Technologieoffene Förderung und Fachprogramme

Die komplementären Vorteile beider Förderlogiken haben ein großes Potenzial für eine aufeinander abgestimmte Nutzung. Da neue und schwache Technologietrends eher in technologieoffenen Programmen eine Chance auf Förderung haben sollten und Fachprogramme wiederum auf frühzeitige Signale zu solchen Trends angewiesen sind, um rechtzeitig ihre Programmatik nachzusteuern, könnte eine systematischere Koppelung in einer langfristigen Perspektive gegebenenfalls Mehrwert für das gesamte Fördersystem bieten.

Die technologieoffene Förderung erreicht heute einen erheblichen Teil der innovationsaktiven Unternehmen in Deutschland. Das umfangreichste technologieoffene Programm der Bundesregierung ist dabei das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand - ZIM. Im ZIM werden jährlich etwa 3.000 neue FuE-Projekte begonnen, die Zahl der Projektanträge liegt deutlich darüber. Ein weiteres breit ausgelegtes und themenoffenes Programm ist die industrielle Gemeinschaftsforschung - IGF. Die zuletzt 2013 durch das iit abgeschlossene Evaluation der IGF stellte fest, dass sich im Zeitraum 2005 bis 2011 etwa 10.000-11.000 Unternehmen im Rahmen von projektbegleitenden Ausschüssen der IGF engagiert haben. Das sind 14-15 Prozent der innovationsaktiven Unternehmen der Industrie bzw. rd. 10 Prozent aller gewerblichen Betriebe in Deutschland.[1]

Die Projektanträge der beiden Programme sollten damit einen umfassenden Überblick über aktuelle Innovationsprozesse des deutschen Mittelstands bieten. Zudem sind diese Informationen nicht nur in den Projektanträgen der Unternehmen und Forschungseinrichtungen sowie Forschungsvereinigungen dokumentiert. Zur Bewertung der Anträge nutzen beide Programme Gutachterinnen und Gutachter, die wiederum die Projektideen in ihren fachlichen Kontext einordnen und den Innovationsgehalt der Projektanträge bewerten. Sie schätzen also ein, wo neue und vielversprechende technologische Ansätze vorgeschlagen werden und bieten damit für jeden Antrag eine Einordnung, ob relevante Technologietrends verfolgt werden. Allerdings erfolgt diese Einordnung projektbezogen und wird bislang nicht auf Programmebene als Trendradar genutzt. Dabei sollten gerade Gutachterinnen und Gutachter ein feines Gespür für Trendverläufe entwickelt haben, da sie in den jeweiligen Programmen in der Regel seit vielen Jahren arbeiten und die Entwicklung neuer Technologietrends anhand vieler Projektanträge über mehrere Jahre verfolgt haben. Diesen Erfahrungsschatz gilt es zu heben.

Mit ihrer Fokussierung auf kleine und mittlere Unternehmen adressieren die beiden untersuchten Programme ZIM und IGF zudem eine besonders wichtige Akteursgruppe des deutschen Innovationssystems. In den letzten Jahren hat es zunehmend eine Diskussion um eine abnehmende Innovationsorientierung des deutschen Mittelstands gegeben, die zudem mit einer langfristig sinkenden Produktivitätswachstumsrate der deutschen Volkswirtschaft insgesamt einhergeht und diese möglicherweise entscheidend beeinflusst. Vor diesem Hintergrund ist es besonders relevant herauszuarbeiten, wie technologische Trends in den technologieoffenen Programmen entstehen und sich entwickeln. Eine breite Diffusion von Trends in der deutschen Volkswirtschaft ist eine wesentliche Voraussetzung, um die Innovationsorientierung der KMU zu stärken und damit mittelfristig das Produktivitätswachstum wieder zu steigern.

Die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens können in verschiedene Prozesse eingespeist und zur Verbesserung des Förderangebots genutzt werden. Sie helfen dabei, die Rolle technologieoffener Unterstützungsangebote wie ZIM und IGF besser zu verstehen, diese bekannt zu machen und weiter zu optimieren. Sie können Hinweise auf Technologietrends in einem frühen Stadium geben und damit die inhaltliche Justierung der Fachprogramme und ihrer missionsorientierten Förderung erleichtern. Sie geben schließlich den Innovationsakteuren die Möglichkeit, frühzeitig und übergreifend auf neue Trends zu reagieren und damit eine Priorisierung und Stärkung der Innovations- und Technologiepolitik insgesamt zu verbessern.

Die Untersuchung hat mit dem gewählten Ansatz methodisches Neuland betreten. Sie bietet Antworten auf die Frage, ob die Wissensbasis in den technologieoffenen Programmen für eine frühe Trend-Indikatorik geeignet ist. Sie untersucht dabei insbesondere den Zugang über Gutachtereinschätzungen, betrachtet in einem Teilmodul aber auch die Potenziale von Textmining-Ansätzen für die breite Analyse von Projektanträgen.

[1] Kind et. al (2013):Erweiterte Erfolgskontrolle des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

2.2 Forschungsfragen

Die Studie zielt darauf, die in Projektanträgen und Gutachterprozessen vorliegenden Informationen zu technologischen Trends der beiden Programme ZIM und IGF für eine übergreifende Trendanalyse zu nutzen. Neue technologische Lösungen entwickeln sich in der Regel allmählich als Alternative oder Weiterentwicklung bestehender Lösungen und Ansätze, bis sie schließlich zur dominierenden Lösung werden oder aber als Nischenansatz bzw. technologische Sackgasse wieder verschwinden. Manche Lösungen haben dabei sogar das Potenzial, neue technologische Paradigmen zu werden und ganze Industrien und Anwendungsbranchen zu verändern. Industrie 4.0 und Additive Fertigung sind aktuelle Beispiele von neuen Paradigmen. Das Forschungsvorhaben untersucht, wie sich solche Trendverläufe in den Projektanträgen niederschlagen und ab welchem Zeitpunkt Gutachterinnen und Gutachter erstmals erfolgversprechende Trends identifizieren können. Zudem sollen auch typische Trendverläufe charakterisiert werden, die perspektivisch die frühzeitigere Prognosen zu Trendentwicklungen ermöglichen könnten.

Die Beteiligung an Förderprogrammen stellt für viele Unternehmen eine wichtige Finanzierungsquelle ihrer FuE-Prozesse dar. Innovationsakteuren kann dabei ein strategisches Verhalten unterstellt werden, um ihre Erfolgsaussichten auf Förderung zu maximieren. Sie kennen nicht nur die aktuellen Technologietrends, sondern auch die politischen Diskurse um wichtige Themen und Trends, die nicht zuletzt in den thematischen Ausschreibungen der Fachprogramme ausformuliert werden. Entsprechend könnten sie mit ihren Projektanträgen auf die vermutete Erwartungshaltung der Fördergeber angepasst reagieren und Anträge einreichen, die insbesondere die aktuell starken Trends bedienen. Möglicherweise greifen sie in ihren Anträgen dann auch verstärkt Konzepte und Begrifflichkeiten der aktuellen Großtrends auf. So kann z.B. vermutet werden, dass Projektanträge heute vermehrt auf Industrie 4.0 und Big Data rekurrieren, auch wenn sich die Projektkonzepte im Detail nicht erheblich von früheren Projekten unterscheiden. Auf einer semantischen Ebene wird also vermutlich eher innerhalb eines vorherrschenden Paradigmas argumentiert. Damit stellt sich als weitere Forschungsfrage, ob die Trendentwicklungen innerhalb der Programme parallel zu öffentlichen Diskursen über Technologietrends laufen bzw. ob sie vor- oder nachlaufend zu diesen Diskursen oder unabhängig davon sind. Die Untersuchung richtet sich schließlich auch auf die Frage, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede sich in Hinblick auf die beiden Programme ZIM und IGF feststellen lassen und welche Konsequenzen dies für eine zukünftige Trend-Indikatorik hat.

Die Bearbeitung diese Forschungsfragen wurde über eine schriftliche Befragung von Gutachterinnen und Gutachtern der beiden Programme ZIM und IGF angegangen. Die Befragung wurde durch explorative Telefoninterviews mit ausgewählten Gutachterinnen und Gutachtern ergänzt, um differenzierte, qualitative Rückmeldungen zu spezifischen Fragestellungen zu erhalten. Insbesondere der Frage nach Trendauslösern und Trendentwicklung konnte im Zusammenspiel beider empirischer Zugänge nachgegangen werden. Detaillierte Angaben zum methodischen Vorgehen finden sich Anhang in Kapitel 6.1.

3 Ergebnisse der Trendanalyse

3.1 Übergreifende Ergebnisse der Online-Befragung

3.1.1 Die beobachteten Trends

In der Onlinebefragung haben die **89 ZIM-Gutachterinnen und Gutachter** für die letzten 5 Jahre **189 Einzeltrends** benannt. Für die letzten 12 Monate wurden **132 aktuelle Einzeltrends** benannt.[2] Einige der Nennungen für die letzten 5 Jahre wurden von den jeweiligen ZIM-Gutachterinnen und Gutachtern allerdings erneut für die letzten 12 Monate beschrieben, so dass die beiden Teilmengen nicht überschneidungsfrei sind.

Die **162 an der Befragung teilnehmenden IGF-Gutachterinnen und Gutachter** nannten **430 IGF-Einzeltrends für die letzten fünf Jahre**. Für die letzten 12 Monate kann von **insgesamt 225 aktuellen IGF-Einzeltrends** ausgegangen werden.[3]

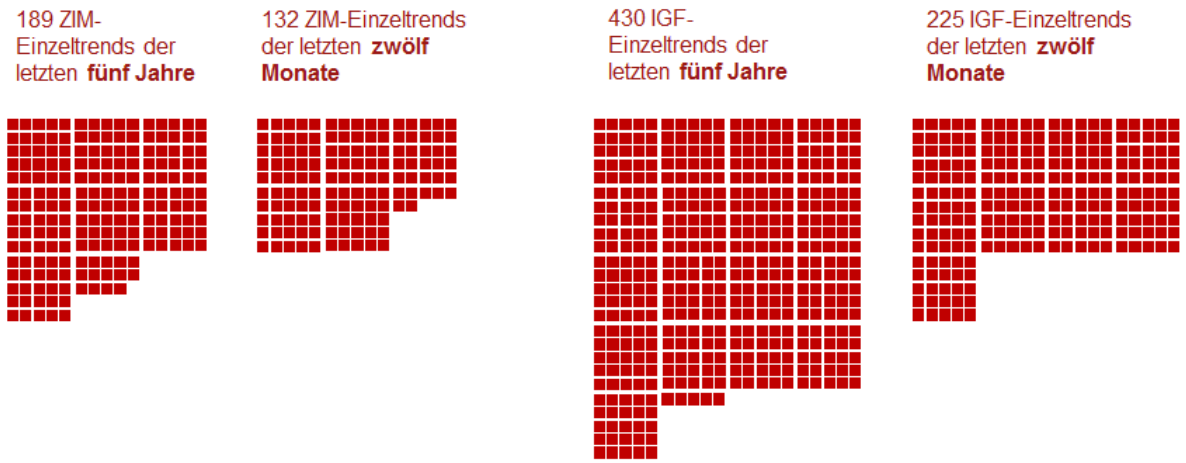


Abbildung 2: Häufigkeit der Nennungen von Einzeltrends

Auch wenn die Zahl von 619 ZIM- und IGF-Einzeltrendnennungen der letzten fünf Jahre zunächst recht umfangreich zu sein scheint, relativiert sich diese Summe doch vor dem Hintergrund von über 25.000 Projekten, die in beiden Programmen zwischen 2012 und 2017 bewilligt wurden. Alle Rückmeldungen der Gutachterinnen und Gutachter zu Einzeltrends für ZIM und IGF sind im Anhang dieses Berichts in Tabellen dokumentiert. Die Übersicht macht deutlich, dass eine Benennung aktueller Trends im Rahmen einer Online-Befragung von Gutachtern grundsätzlich möglich ist und zu relevanten Ergebnissen führt.

[2] Insgesamt wurden im ZIM für die letzten fünf Jahre sogar 274 Trends aufgeführt, aufgrund großer inhaltlicher Nähe vieler Nennungen lassen sich diese jedoch auf 189 Einzeltrends zusammenführen. In den letzten 12 Monaten lag die absolute Zahl der nicht zusammengefassten Einzeltrend-Nennungen beim ZIM bei 173. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit der Gewichtung wurde bei den ausführlichen Tabellen im Anhang auf eine Zusammenfassung verzichtet, sie enthalten deshalb z.T. ähnliche Nennungen und Dopplungen.

[3] Auch bei der IGF lag die absolute Zahl der Trendnennungen höher als die Zahl der zusammengefassten Einzeltrends. Insgesamt wurden für die letzten 5 Jahre 494 Einzeltrends benannt, für die jüngsten 12 Monate 312. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit der Gewichtung wurde bei den ausführlichen Tabellen im Anhang auf eine Zusammenfassung verzichtet, sie enthalten deshalb z.T. ähnliche Nennungen und Dopplungen.

Eine inhaltliche Sichtung der genannten Trends beider Programme zeigt auf, wo Trendschwerpunkte beider Programme und spezifische Trends liegen. Die nachfolgenden beiden Graphiken stellen für jedes der beiden Programme besonders häufig genannte Trendcluster der letzten fünf Jahre in einer Wortwolke dar, in der die Größe des Begriffs von der Häufigkeit der Nennungen abhängig ist. In beiden Programmen finden sich in den letzten fünf Jahren Trends in den Bereichen Industrie 4.0, Produktionsautomatisierung oder Digitalisierung der Produktion, außerdem auch in den Bereichen der additiven Fertigung, der Verbundwerkstoffe und des Leichtbaus. Besonders ausgeprägt sind Trends in den Bereichen der personalisierten Medizin und der Point of Care –Diagnostik. Für das Programm IGF fallen z.B. häufigere Nennungen von Trends im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz, aber auch der Prozesssimulation in der Produktion oder von Brennstoffzellentechnologien auf.

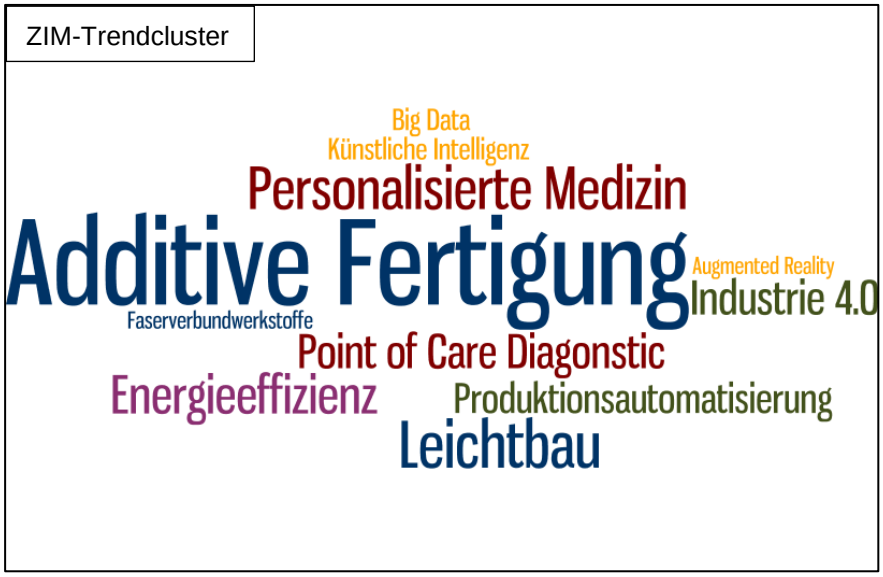


Abbildung 3: ZIM-und IGF-Trendcluster der letzten 5 Jahre

Die nachfolgende Abbildung gibt beispielhaft einen Gesamtüberblick über **alle für die letzten 12 Monate von den ZIM-Gutachterinnen und Gutachtern benannten Einzeltrends**, zugeordnet zu Trendobergruppen. Die Abbildung macht beispielhaft die Vielfalt der berichteten Einzeltrends und damit auch das hohe Potenzial deutlich, dass in der themenoffenen Förderung liegt. Gleichzeitig gibt diese Übersicht aber auch schon einen ersten Hinweis auf die hohe Komplexität und Breite der Trendentwicklung und damit indirekt auch auf die Herausforderungen, die sich bei einer systematischen Trenderfassung stellen. Diese Komplexität ist im Rahmen einer Gutachterbefragung relativ gut abzubilden, sie führt aber zu Problemen, denen sich eine Trendanalyse auf Basis des gewählten Textmining-Ansatzes zu stellen hatte (siehe Kapitel 3.4).

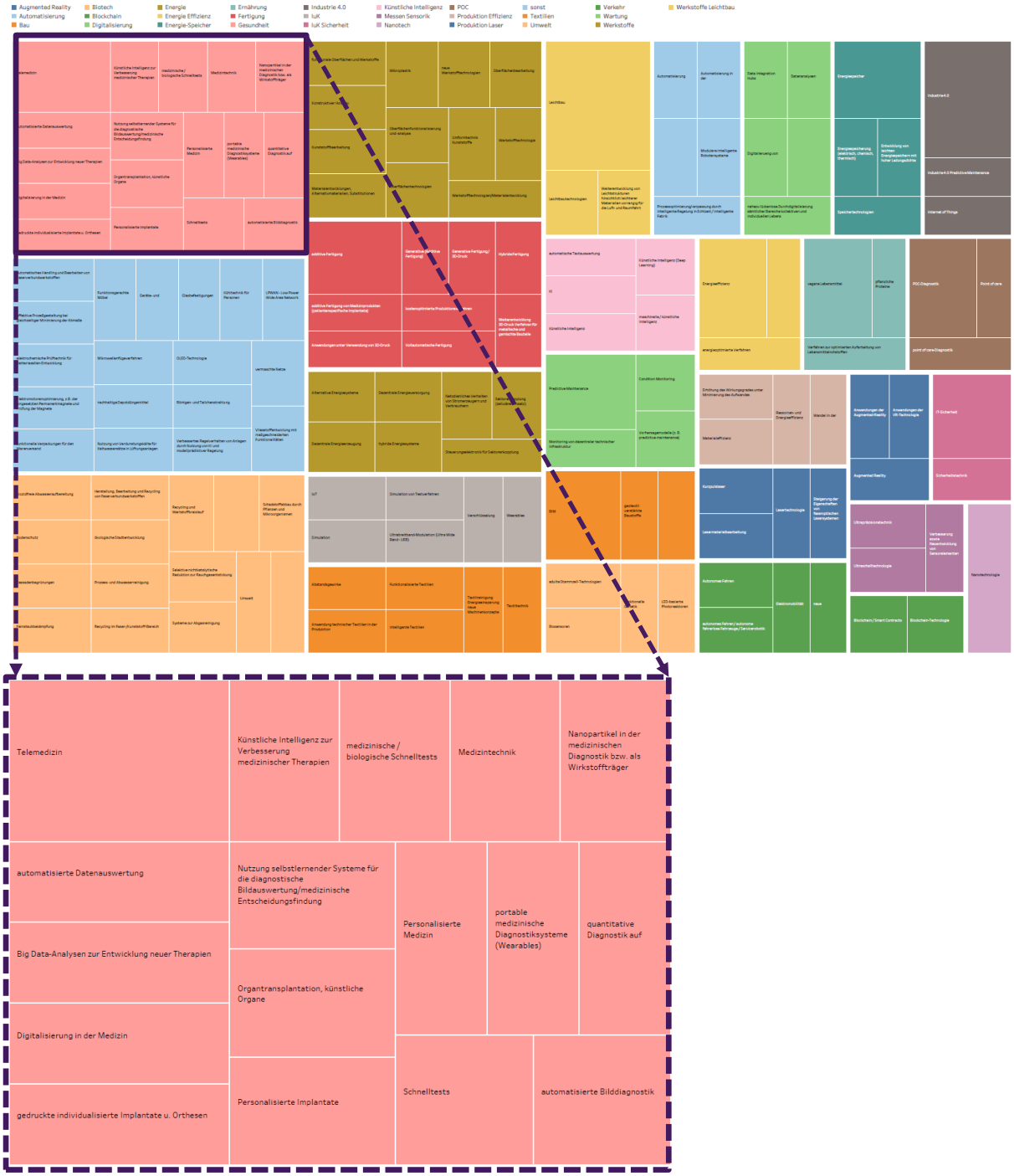


Abbildung 4: ZIM-Trends der letzten 12 Monate (n= 274 [N=89])

3.1.2 Ebenen der Trendbenennung

Die Online-Befragung ließ den befragten Gutachterinnen und Gutachtern viele Freiräume bei der Einordnung spezifischer Einzeltrends. In einem Freitextfeld konnten die Befragten sowohl übergreifende Paradigmen wie Industrie 4.0 oder Elektromobilität, aber auch sehr konkrete Trends auf der Ebene einer spezifischen technischen Teillösung eintragen. Diese Freiräume wurden auch genutzt.

Das **Beispiel Industrie 4.0** zeigt, dass heute relativ **etablierte Paradigmen** im Rahmen einer Onlinebefragung auch auf Zeiträume angewendet werden, in denen diese Begrifflichkeit noch nicht gleichermaßen gefestigt war. Der Begriff Industrie 4.0 wurde öffentlich erstmals 2011 auf der Hannover-Messe breiter diskutiert.[4] In der Rückschau ordnen die Gutachterinnen und Gutachter für den gesamten Zeitraum 2012 - 2017 einzelne Projekte diesem Trend zu und differenzieren kaum weiter nach spezifischen Teiltechnologien. Eine begriffliche Differenzierung wird insbesondere am aktuellen Beobachtungshorizont in den Rückmeldungen der Gutachterinnen und Gutachter erkennbar. Gefragt nach den Trends der letzten 12 Monate wird beispielweise „predictive maintenance“, z.T. auch in Kombination mit Industrie 4.0, genannt. Eine Tabelle im Anhang (Kapitel 6.4) zeigt beispielhaft die Heterogenität der genannten Einzeltrends im Feld Automatisierung / Industrie 4.0 für die Angaben der ZIM-Gutachterinnen und Gutachter.

Andere Paradigmen sind begrifflich etwas weiter differenziert. So können die genannten Trends **„künstliche Intelligenz“**, **„maschinelle Intelligenz“**, **„maschinelles Lernen“**, **„neuronale Netze“**, **„deep learning“**, **„selbstlernende Algorithmen“**, **„maschinelle Textauswertung“** und **„intelligente Systeme“** zu einem Themenfeld zusammengefasst werden. Hier scheint die begriffliche Zuspitzung auf einen gemeinsamen Überbegriff noch nicht so weit vorangeschritten, um nicht auch differenzierte Begrifflichkeiten zuzulassen.

Technische Teillösungen werden vergleichsweise selten als Trend genannt. Im Bereich 3D-Druck / Additive bzw. Generative Fertigung wird der Obertrend in der Regel als solcher benannt, dann aber nur in Einzelfällen mit spezifischen Ausprägungen oder Anwendungsfeldern weiter spezifiziert. So wird als Trend der letzten 12 Monate „Weiterentwicklung 3D-Druck Verfahren für metallische und gemischte Bauteile“ genannt. Auch hier handelt es sich aber um eine Ausnahme, generelle Trendbenennungen sind die Regel.

3.1.3 Typische Trendauslöser

Die Gutachterinnen und Gutachter wurden weiter gefragt, welche **Auslöser** ihrer Einschätzung nach für die beobachteten Trends verantwortlich waren. Für knapp 60 Prozent der von **ZIM-Gutachterinnen und Gutachter** genannten Einzeltrends waren dies eher **technologische Auslöser**, etwa die Hälfte der Einzeltrends ging zudem auch auf **neue Bedarfe** wie demographische Veränderungen oder neue Kundenbedürfnisse zurück. Knapp 40 Prozent der Auslöser schließlich wurden dem Bereich **anderer Auslöser** zugeordnet. In dieser Kategorie zusammengefasst waren insb. Auslöser wie **veränderte Rahmenbedingungen** auf rechtlicher, politischer oder gesellschaftlicher Ebene. Die **IGF-Gutachterinnen und Gutachter** teilten im Wesentlichen diese Einschätzung zu Trendauslösern. Einen etwas geringeren Stellenwert nahmen hier neue Bedarfe als Trendauslöser ein (41 Prozent statt 51 Prozent). Dieser Unterschied zwischen den beiden Einschätzungen für ZIM und IGF dürfte auch auf die unterschiedliche Ausrichtung der beiden Programme zurückzuführen sein. Während **ZIM-Projekte deutlich marktnäher** sind und damit

[4] Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages: Aktueller begriff Industrie 4.0, https://www.bundestag.de/blob/474528/cae2bfac57f1bf797c8a6e13394b5e70/industrie-4-0-data.pdf (letzter Zugriff am 20.12.2017)

(Kunden-) Bedarfe eine größere Rolle spielen sollten, trifft dies für die **vorwettbewerblichen IGF-Projekte** weniger zu.

Diese Ergebnisse zeigen, dass Trends nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter in der Regel auf ein **Bündel unterschiedlicher Auslöser** zurückzuführen sind und nicht monokausal einem spezifischen Faktor zugeordnet werden können. Das Beispiel „Künstliche Intelligenz“ macht dies exemplarisch deutlich. Der Trend wurde von acht ZIM-Gutachterinnen und Gutachtern genannt, die als Auslöser sowohl technologische Faktoren wie die Verfügbarkeit großer Mengen an klassifizierten Daten oder die Entwicklung der Rechenleistung und neue Bedarfe, z.B. neue Kundenbedürfnisse und Nutzungsszenarien in neu entstehenden Branchen nannten.

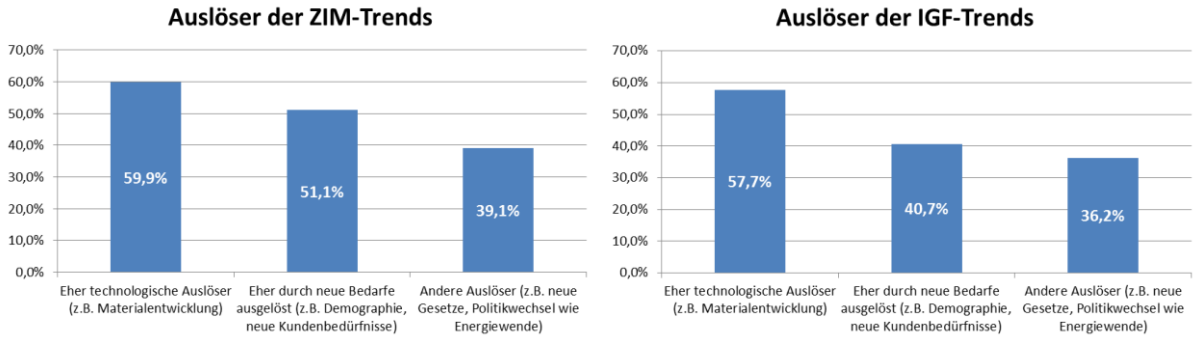


Abbildung 5: Auslöser der ZIM-/IGF-Trends (ZIM n= 274 [N=89]; IGF n= 494 [N=162], Mehrfachnennung möglich

Weiteren Aufschluss über **Trendauslöser** gaben die zu Beginn der Untersuchung geführten **explorativen Telefoninterviews**, die exemplarisch die typische Genese nachzeichneten.

Typische **technologische Auslöser** sind zum Beispiel technische Entwicklungen wie eine wachsende Rechenleistung, die bestimmte Anwendungsszenarien erst realisier- und finanzierbar macht. Ebenso werden technische Trends entlang der Zuliefererkette weitergereicht, so z.B. im Bereich der Fahrerassistenzsysteme oder auch der Elektromobilität, wo OEMs neue Anforderungen an ihre Zulieferer stellen, die diese dann in Forschungsprojekten bearbeiten. Hier werden auf die Zulieferer entsprechende Pull-Effekte ausgelöst. Manche technologische Trends wandern nicht nur entlang der Wertschöpfungskette, sondern strahlen in andere Anwendungsfelder aus. So verlangt die praxistaugliche Nutzung elektromobiler Konzepte auch ganz neue Brandschutzkonzepte in Parkhäusern. Gleichzeitig müssen Elektrofahrzeuge aufgrund der bereits schweren Batterien anderweitig deutlich leichter werden und führen zu Forschungsaktivitäten im Bereich Leichtbau. Manche technologischen Großtrends wie Industrie 4.0 wiederum müssen erst in konkreten Problemstellungen bearbeitet werden, hier folgt die technologische Teillösung der übergreifenden Formulierung eines Paradigmas zeitlich nach. Schließlich wurden in den Interviews auch klassische Pfade der Trendentwicklung genannt, in denen neue Technologietrends auf Konferenzen vorgestellt und kurz darauf in entsprechenden Projektanträgen konkreter ausformuliert werden. Die Kooperation von KMU mit Forschungspartnern und großen Unternehmen in der technologieoffenen Förderung ermöglicht dabei die Aufnahme des technologischen Impulses durch die KMU und somit die Diffusion von Technologietrends in die Breite.

Auch **gesellschaftliche Veränderungen** können Projekttrends nach sich ziehen und führen zu vermehrten Projektanträgen hinsichtlich spezifischer Problemstellungen. In den Telefoninterviews wurde das Beispiel des demographischen Wandels genannt. Es wird davon ausgegangen (und ist schon jetzt zu beobachten), dass erfahrene Meister in großer Zahl bald in Ruhestand gehen. Was diese langjährigen Experten bislang im wahrsten Sinne des Wortes an Maschinenzuständen hörten, müssen jetzt Sensorsysteme identifizieren. Anwendungsszenarien im Kontext von Industrie 4.0 und predictive maintenance greifen solche Szenarien auf und suchen nach technischen Lösungen. Der demografische Wandel ändert aber auch das Nachfrageverhalten und somit die Bedarfslage, wodurch wiederum völlig neue technologische Auslöser entstehen können. Dies gilt auch für den ebenso

wirkmächtigen Trend „Nachhaltigkeit und Umwelt“. Fertigungsprozesse müssen ganz neue Anforderungen in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Umweltbeeinträchtigung erfüllen, die Energiewende erhöht die Bedarfe nach neuen Lösungen bei energiesparenden Systemen und Nutzung regenerativer Energien. Dies schuf bislang sehr starke Push-Effekte auf die technologische Entwicklung. Zudem entstehen neue Bedarfe, insbesondere im Kontext der Elektromobilität, entlang deren Ausprägung eine wachsende Nachfrage nach neuen Lösungen entsteht. Zum Teil werden diese veränderten gesellschaftlichen Rahmenbedingungen auch auf politischer Ebene aufgegriffen und in regulative Vorgaben, z.B. bei Schadstoffen (Beispiel: Bleiverbot, Formaldehyd), abgabenpolitische und marktorientierte Instrumente übersetzt.

Insgesamt sind die gesellschaftlichen wie regulativen Veränderungen auch Treiber der Nachfragentwicklung. So wirken vor allem auch Märkte und Kunden mit neuen bzw. veränderten Bedarfen als Auslöser für spezifische Einzeltrends. Ein wesentlicher Treiber ist gleichbleibend der Kostendruck in bestehenden Märkten, der z.B. durch neue internationale Wettbewerber noch verstärkt wird. Unternehmen reagieren mit verstärkter Suche nach kostengünstigeren technischen Lösungen, die sich dann schnell durchsetzen. Dabei wird Schnelligkeit zu einem wichtigen Faktor, um kostengünstige Lösungen anzubieten. In Interviews werden Drucktechniken als ein Beispiel genannt, um die Produktionsgeschwindigkeit zu erhöhen und damit die Kosten zu senken. Zum Teil sind aber auch sehr spezifische Kundenbedarfe ein wirkmächtiger Faktor. So ist die schlechte Substanz wichtiger Infrastrukturen wie Brücken zu einem echten Trend in Förderanträgen geworden, die neue Methoden der Untersuchung entwickeln.

Die folgende Abbildung veranschaulicht beispielhaft das Wirkungsgefüge für die Ausprägung von technologischen Trends, dass sich so auch im Rahmen dieser Analyse identifizieren lässt. Zunächst stehen die direkten Akteure im Wertschöpfungsprozess (Kasten) in push- und pull-Beziehungen zueinander. Diese allein sorgen bereits für die Entstehung, Ausprägung und Differenzierung der technologischen Trends. Übergreifend wirken auf diese Trends im Wertschöpfungsprozess regulative, sozi-ökonomische und technologische Trends ein, auf der Wertschöpfungsprozess reagieren sollte. Gleichzeitig hat dieser der zu erwartenden regulativen Entwicklungen in der technologischen Entwicklung zu antizipieren ebenso wie die gesellschaftlichen und Marktentwicklungen.

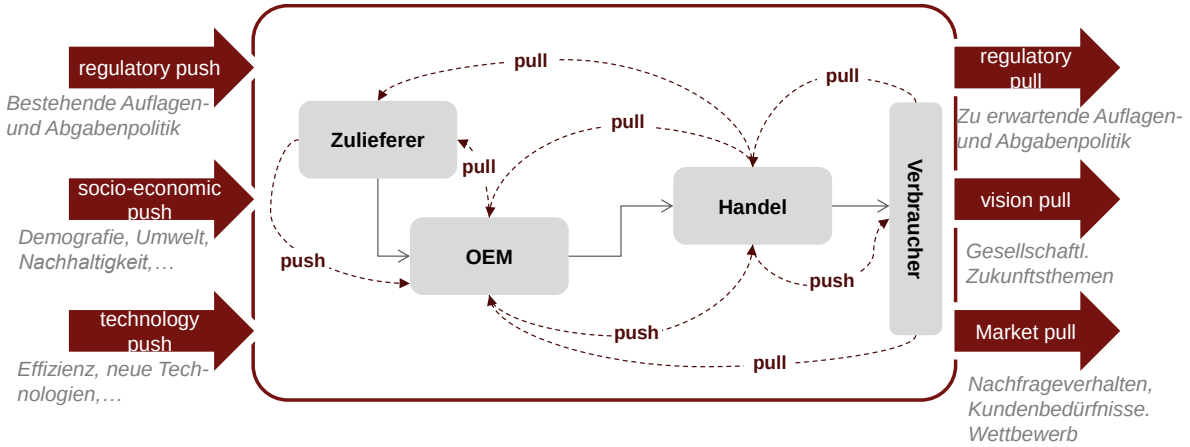


Abbildung 6: Zentrale Determinanten der Technologieausprägung (eigene Abbildung iit)

3.1.4 Zeitliche Einordnung von Trends

Insgesamt scheinen die Gutachterinnen und Gutachter in der Befragungssituation in der Lage zu sein, grundsätzlich auch eine **zeitliche Einordnung der beobachteten Trends** zu geben. Nur 12 Prozent der Antwortenden machte keine zeitlichen Angaben dazu, wann ihnen der Trend zum ersten Mal aufgefallen war. Auffallend ist allerdings, dass ein hoher Prozentsatz (33 bzw. 32 Prozent) der Nennungen auf einen Trendstart zu Beginn des Beobachtungszeitraums (2012) fällt. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die präzise Zuordnung des Trendbeginns zu einem spezifischen Jahr gewisse Schwierigkeiten bereitet. Zu berücksichtigen ist auch, dass der hier berücksichtigte Zeitraum von fünf Jahren für die beobachtbaren Trendläufe auch ein recht kurzer Zeitraum ist. So reichen die Entwicklungen in der Automatisierung noch weit länger zurück, auch prägen sich Anwendungen künstlicher Intelligenz bereits seit geraumer Zeit aus. Auch überlappen sich die Trendläufe zeitlich, so dass es für die Gutachterinnen und Gutachter teilweise sehr schwierig sein dürfte, hinsichtlich der tatsächlichen Startzeitpunkte zu differenzieren. In dieser Interpretation wurde das Jahr 2012 stellvertretend für die Aussage „der Trend läuft schon länger“ angegeben. Allerdings wählen immerhin 55 bzw. 65 Prozent der Gutachterinnen und Gutachter weitere Jahresangaben. Deutlich wird auch, dass es den IGF-Gutachterinnen und Gutachtern etwas schwerer fällt, Trends für das aktuelle Jahr 2017 zu benennen. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Begutachtungsverfahren bei ZIM etwas kontinuierlicher umgesetzt werden und Gutachterinnen und Gutachter der ZIM-Projektträger damit zeitnaher einen Blick auf die Projekte werfen können.

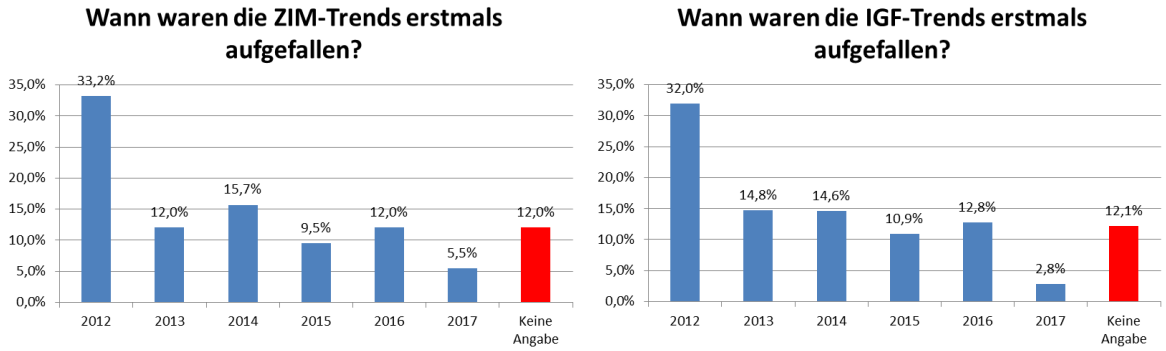


Abbildung 7: Einsetzen der ZIM-/IGF-Trends (ZIM n= 274 [N=89]; IGF n= 494 [N=162])

3.1.5 Typische Trendverläufe

Auch Aussagen zum **Trendverlauf** sind grundsätzlich möglich gewesen, nur etwa 5 bzw. 3 Prozent der Gutachterinnen und Gutachter beider Programme sahen sich dazu nicht in der Lage. Eine hohe Dynamik wird von den **ZIM-Gutachterinnen und Gutachtern** für 17,5 Prozent der beschriebenen Einzeltrends gesehen, die überwiegende Mehrzahl der Trends wird als entweder langsam ansteigend (37 Prozent) oder gleichbleibend (36 Prozent) qualifiziert. Nur ein kleiner Teil der Trends (4 Prozent) hat sich nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter wieder sichtbar abgeschwächt. Möglich ist allerdings auch, dass hier von den Gutachterinnen und Gutachtern die Definition „Trend“ auch auf das Merkmal „positive Dynamik“ ausgeweitet wird, auch wenn dies nicht Teil der in der Befragung eingangs formulierten Trenddefinition war.

Die **IGF-Gutachterinnen und Gutachter** schätzten die Trenddynamik etwas höher ein. Hier wurden 26,3 Prozent der Trends als schnell ansteigend qualifiziert, weitere 38,5 Prozent als langsam ansteigend. Nur 27,7 Prozent der Trends sind aus Sicht der IGF-Gutachterinnen und Gutachter gleichbleibend.

Die **explorativen Telefoninterviews** mit Gutachterinnen und Gutachtern gaben weitere Hinweise auf **spezifische Herausforderungen** bei der Qualifizierung von Trendverläufen. Die Benennung einer differenzierten Trenddynamik ist für Gutachterinnen und Gutachter oft herausfordernd, weil die

Frequenz der Anträge zu einem Thema pro Gutachterin und Gutachter insbesondere bei IGF meist relativ gering ist. Eine Gutachterin / ein Gutachter ist immer nur für eine Teilmenge von Anträgen zuständig und überblickt nur einen Teil der Akteure. Beobachtete Wellen in der Entwicklung eines konkreten Themas können auch auf die kleine Zahl der betreuten Akteure zurückgehen, die nicht selten auch noch aus einem Netzwerk stammen und daher in etwa zeitgleich in Themen aufgenommen werden können. Sind die Projekte dann bewilligt und laufen, kommen neue Projekte erst wieder mit einem gewissen Zeitabstand zur Begutachtung. Damit eignet sich die Befragung von Gutachterinnen und Gutachtern insbesondere der IGF nur bedingt dazu, Trenddynamiken zu erfassen.

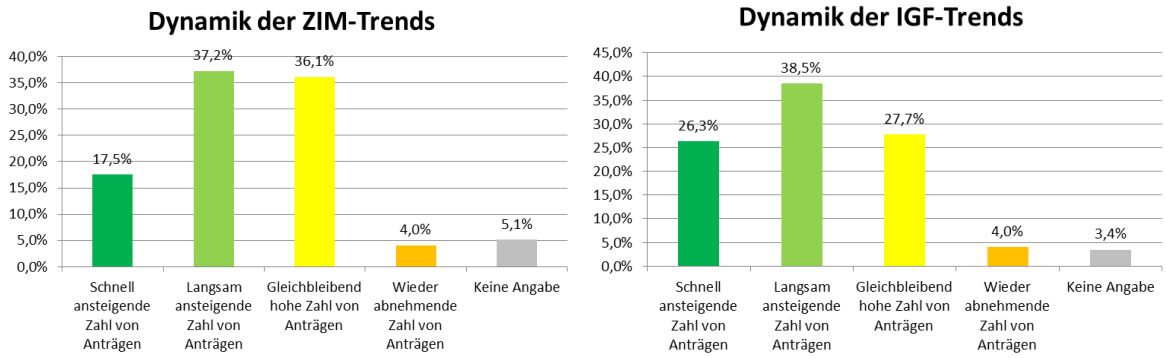


Abbildung 8: Dynamik der ZIM-/IGF-Trends (ZIM n= 274 [N=89]; IGF n= 494 [N=162])

Die Gutachter wurden auch gebeten, **Einflussfaktoren auf die Trendverläufe** zu benennen. Wie zu erwarten waren diese Einflussfaktoren sehr trendspezifisch und können nicht auf wenige übergreifende Kategorien zusammengefasst werden. Die Einflussfaktoren werden daher in den nachfolgenden Kapiteln zu Einzeltrends beispielhaft weiter ausgeführt.

3.1.6 Verhältnis zur Diskussion der Fachcommunity / zur gesellschaftlichen Diskussion

Eine weitere Qualifizierung der beobachteten Trends betraf die **Einordnung zu Umfeldentwicklungen**. Etwa 2/3 der ZIM-Gutachterinnen und Gutachter und 60 Prozent der IGF-Befragten sehen die beobachteten Trends etwa zeitgleich mit entsprechenden **Diskussionen in der jeweiligen Fachcommunity**. **ZIM-Projekte** sind in dieser Perspektive also vor allem „Trendbegleiter“. Trendbegleiter können auch als **Trendbeschleuniger** verstanden werden, die parallel zur Entwicklung neuer technologischer Lösungen bereits die Umsetzung neuer Technologien in die Anwendung vorbereiten und damit eine **schnelle Absorption von Forschungsergebnissen** in die wirtschaftliche Umsetzung garantieren. In diesem Sinne ist die technologieoffene Förderung durch die untersuchten Programme ZIM und IGF ein wichtiger Transmissionsriemen im deutschen Innovationssystem. Wenn zwischen 60 und 66 Prozent der beschriebenen Trends in diesem Bereich der Trendbeschleunigung angesiedelt sind, so wird hier ein wesentliches Merkmal der technologieoffenen Förderung sichtbar.

Weitere knapp 20 bzw. 23 Prozent der Trends werden als etwas nachlaufend bewertet. Hier sind ZIM-Projekte als „Trendnutzer“ bereits etwas früher in der Fachcommunity sichtbarer Diskussionen zu bewerten. Trendnutzer sorgen dafür, dass neue technologische Lösungen **schnell in die Breite getragen** werden. Vor dem Hintergrund der spezifischen Zielgruppe der technologieoffenen Förderung, nämlich kleinen und mittleren Unternehmen, die marktnah insbesondere die Bedürfnisse ihrer Kunden im Blick haben und die wirtschaftliche Verwertbarkeit von Forschungsergebnissen in den Vordergrund stellen, zeigt der ebenfalls erhebliche Anteil von 20 bis 23 Prozent von Trends in dem Bereich der Trendnutzer, dass die Zielgruppe eine hohe Absorptionsfähigkeit aufweist.

Zudem gelingt die Trendverbreiterung durch die Diffusion von technologischen Lösungen in neue Anwendungsfelder und Anwendergruppen; kleine bzw. mittlere Unternehmen werden erfolgreich an neue Trends herangeführt. Gerade die Kooperation mit unterschiedlichen Partnern, auch über Branchen und Disziplinen hinweg, ist ein Garant dafür, dass diese Diffusion gelingt. Die technologieoffene Förderung trägt also dazu bei, dass die frühe Absorption von Trends in der Breite gestärkt wird.

Auch wenn die Stärkung der Absorptionsfähigkeit ein zentrales Element der untersuchten Programme ist, werden knapp 10 Prozent der ZIM-Trends sogar als „**Trendsetter**“ qualifiziert, d.h. sie sind bereits früher zu beobachten als entsprechende Diskussionen in der Fachcommunity. Die **IGF-Projekte** sehen die befragten Gutachterinnen und Gutachter deutlich eher auch als Trendsetter (21,5 Prozent gegenüber 9,9 Prozent für ZIM). Damit gelingt es den insbesondere auf die Breite des deutschen Mittelstands zielenden beiden Programmen in bemerkenswertem Umfang, **neue Forschungsergebnisse und neue Trends zu generieren**.

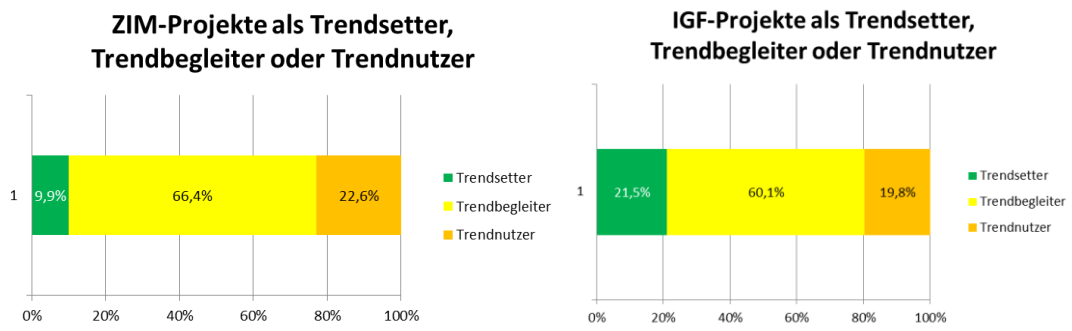
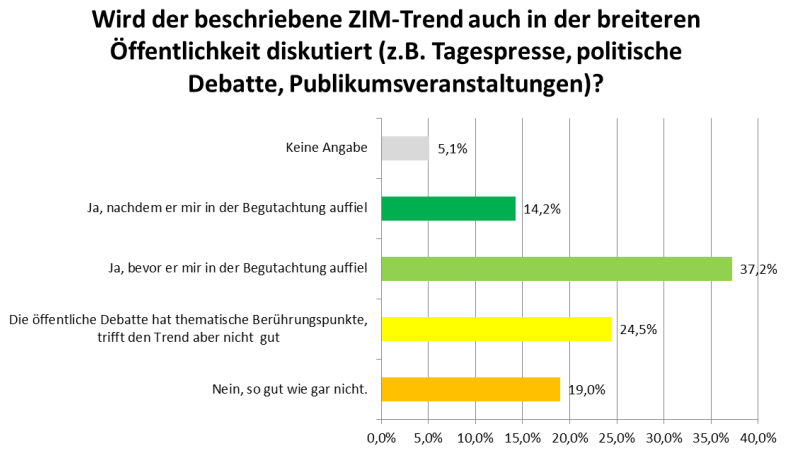


Abbildung 9: ZIM-/IGF-Trends als Trendsetter, Trendbegleiter oder Trendnutzer (ZIM n= 274 [N=89]; IGF n= 494 [N=162])

Die **explorativen Interviews** bestätigten diesen Befund. Für das Programm ZIM schätzen die Gutachterinnen und Gutachter in den Telefoninterviews die Projekte vor allem als Trendbegleiter bzw. Trendbeschleuniger ein, die parallel zur Diskussion in Fachcommunities bearbeitet werden. Zum Teil sind ZIM-Projekte aber auch Trendnutzer, die neue technische Lösungen in die Breite tragen. Nur selten wurde ein Projekt als Trendsetter bewertet. Für das **Programm IGF** gingen die meisten Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartner der explorativen Telefoninterviews eher davon aus, das Projekte „Trendnutzer“ sind. Dies liegt nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter auch am vorlaufenden Prozess der Themengenerierung durch Unternehmensarbeitskreise, die ihre Zeit brauchen und eher auf Konsens ausgerichtet sind, was neue und noch nicht „gesetzte“ Themen eher benachteiligt. Damit wiederspricht die Rückmeldung der Telefoninterviews den Befragungsdaten, in denen IGF-Projekte eher als Trendsetter gesehen werden als ZIM-Projekte. Allerdings ist die kleine Zahl der geführten Telefoninterviews (je sechs Interviews pro Programm) nicht geeignet, um hier repräsentative Schlüsse abzuleiten.

Etwas höher liegt der Anteil der Trendsetter, wenn man nicht auf die Fachcommunity, sondern auf den **breiteren öffentlichen Diskurs** in der Tagespresse, der öffentlichen Debatte oder in Publikumsveranstaltungen schaut. Hier werden immerhin 14,2 Prozent der ZIM-Trends bzw. 11,5 Prozent der IGF-Trends als der entsprechenden öffentlichen Diskussion vorlaufend gesehen. Für weitere 19 Prozent der ZIM-Trends und sogar 27,1 Prozent der IGF-Trends gilt, dass diese Trends eigentlich gar nicht im öffentlichen Diskurs sichtbar sind. Innerhalb der Befragung wurde nicht vertieft nach möglichen Gründen hierfür gefragt. Möglicherweise sind die beschriebenen Trends aber zu spezifisch, um Teil einer breiteren öffentlichen Debatte zu sein, oder eine solche öffentliche Beschäftigung wird erst in der Zukunft stattfinden. Akteure, die solche Trends quasi „unter dem Radar“ der öffentlichen Wahrnehmung verfolgen, agieren in einer wirtschaftlich oft sehr lohnenswerten Nische und sind mitunter gar typische „hidden champions“. Dies gilt noch einmal ausgeprägter für die IGF-Trends als für die ZIM-Trends. Interessant ist der hohe Anteil von Trends, die sich erst nach einer laufenden öffentlichen Debatte in Projektanträgen bemerkbar machten (zwischen 32 und 37 Prozent).

Es könnte sein, dass sich in dieser Verschiebung stärker „visionär“ geprägte öffentliche Diskussionen zu zukünftigen Trends zeigen, die erst mit deutlich zeitlicher Verzögerung auf die Ebene der konkreten Umsetzungen gelangt sind. So sind viele Szenarien des Einsatzes künstlicher Intelligenz, die in der medialen Öffentlichkeit diskutiert werden, auch heute noch weit weg von einer Realisierung. Gleiches gilt für manche Szenarien des autonomen Fahrens.



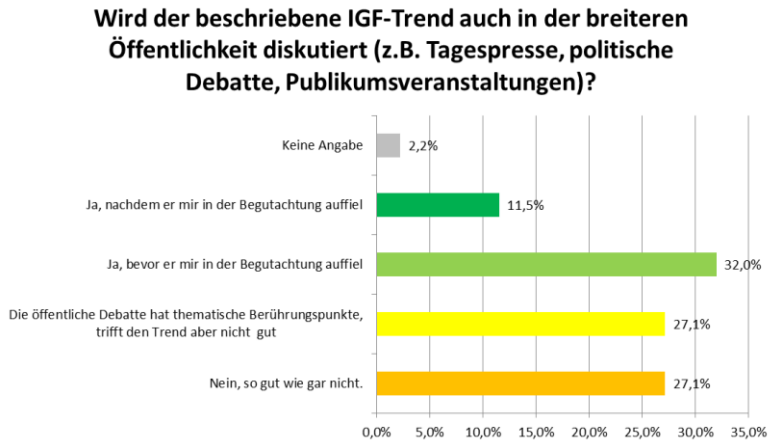


Abbildung 10: ZIM-/IGFTrends und öffentliche Diskussion (ZIM n= 274 [N=89]; IGF n= 494 [N=162])

Nur in den explorativen Telefoninterviews erfragt wurde eine mögliche **Ausrichtung der Projekte an Modethemen**, die derzeit stark in der Öffentlichkeit diskutiert werden, z.B. um die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Antragstellung zu erhöhen. Ein solches „unter falscher Flagge segeln“ kommt nach Einschätzung der Interviewpartnerinnen und -partner allerdings nur sehr selten vor, der Bezug in den Anträgen ist nach Einschätzung der meisten Gesprächspartnerinnen und -partner in der Regel real. Allerdings sind gerade bei sehr übergreifenden Themen wie Industrie 4.0 die Beiträge der Projekte z.T. auch eher mittelbar. Praktisch alle Gesprächspartnerinnen und -partner sind zudem der Meinung, dass Anträge nur dann die Chance auf eine positive Begutachtung haben, wenn sie reale FuE-Projekte beschreiben und nicht künstlich auf Trends „aufsatteln“.

Die Beschreibung von Einzeltrends durch die Gutachterinnen und Gutachter selbst erfolgt in vielen Fällen unter Nutzung **ähnlicher Begrifflichkeiten**. Allerdings variiert die Breite der verwendeten Begriffe zur Trendbeschreibung deutlich. Dies macht die Detailanalyse von Einzeltrends im folgenden Kapitel 3.2 deutlich. Während z.B. das Trendthema „Automatisierung / Industrie 4.0“ von den Gutachterinnen und Gutachtern zunächst relativ einheitlich unter Nutzung genau dieser Begriffe benannt wird, nutzen diese für aktuellere Entwicklungen in entsprechenden Themenfeld, die sich eher auf der Ebene von Teillösungen wie „predictive Maintenance“ bewegen, auch eine größere Anzahl

unterschiedlicher Begrifflichkeiten. Die Differenziertheit nimmt für solche Trends also tendenziell mit größerer Nähe zum aktuellen Ereignisrand zu, was auch auf die differenziertere Beschreibung der Teiltrends selbst zurückzuführen ist. Auch differenzieren die Gutachterinnen und Gutachter nicht zwischen eigentlichem Technologiefeld, z.B. Künstliche Intelligenz/ Maschinelles Lernen, Technologie, z.B. predictive Maintenance, und den Anwendungsfeldern, z.B. Industrie 4.0 und Automatisierung. Dies erschwert in Teilen das Nachzeichnen von technologischen Trends und die Differenzierung zum Anwendungsfeld.

3.1.7 Themen mit Trendpotenzial

Bevor in den nachfolgenden Kapiteln vertiefter auf einzelne Trendbeobachtungen der Gutachterinnen und Gutachter eingegangen wird, soll an dieser Stelle kurz auf die **übergreifende Verteilung der Trends auf die Themenfelder von ZIM** eingegangen werden. Unterschieden wird zwischen Trends der letzten 5 Jahre sowie Themen mit Trendpotenzial der letzten 12 Monate. In der entsprechenden Frage war die Möglichkeit von Mehrfachantworten gegeben, so dass die in der nachfolgenden Graphik abgebildeten prozentualen Anteile nur jeweils innerhalb einer Maßnahme (ZIM bzw. IGF) verglichen werden können, während zwischen den beiden Maßnahmen die relativen Unterschiede zwischen den Themenfeldern jeweils eines Programms relevanter sind.

Im **Vergleich der beiden Programme** werden einige Unterschiede deutlich. Deutlich ausgeprägter ist der Trend-Schwerpunkt auf die Produktionstechnologien für das Programm IGF. Auch die Werkstofftechnologien setzen sich in Hinblick auf genannte Trends bei IGF stärker von den anderen Themen ab als bei ZIM. Dort sind wiederum Gesundheitsforschung / Medizintechnik, IuK-Technologien oder auch Elektrotechnik / Messtechnik / Sensorik deutlich häufiger genannt.

Im **Vergleich der letzten fünf Jahre zu den letzten 12 Monaten** kann auch abgelesen werden, wo die Zahl der genannten Trends eher zu- oder abnimmt. Dies variiert allerdings ebenfalls zwischen ZIM und IGF. So ist der Anteil der Einzeltrends, die der Mikrosystemtechnik zugeordnet werden, in den letzten 12 Monaten bei ZIM noch deutlich geringer als in den letzten fünf Jahren, während der Trend bei IGF zunimmt. Im Bereich Gesundheitsforschung und Medizintechnik wiederum ist der relative Anteil von Themen mit Trendpotenzial in den letzten 12 Monaten bei ZIM deutlich höher als der Anteil der Trends in den letzten 5 Jahren. Bei IGF ist ebenfalls ein positiver Veränderungstrend zu sehen, er ist aber deutlich schwächer ausgeprägt. Eine Dynamisierung ist bei ZIM wie bei IGF für IuK-Technologien zu beobachten, bei letzterem aber von einem geringeren Ausgangsniveau aus. Die Elektrotechnik, Messtechnik und Sensorik schließlich ist als Trend der letzten 12 Monate bei ZIM weniger ausgeprägt als in den vergangenen fünf Jahren, bei IGF ist hier eher eine weitere Zunahme zu beobachten.

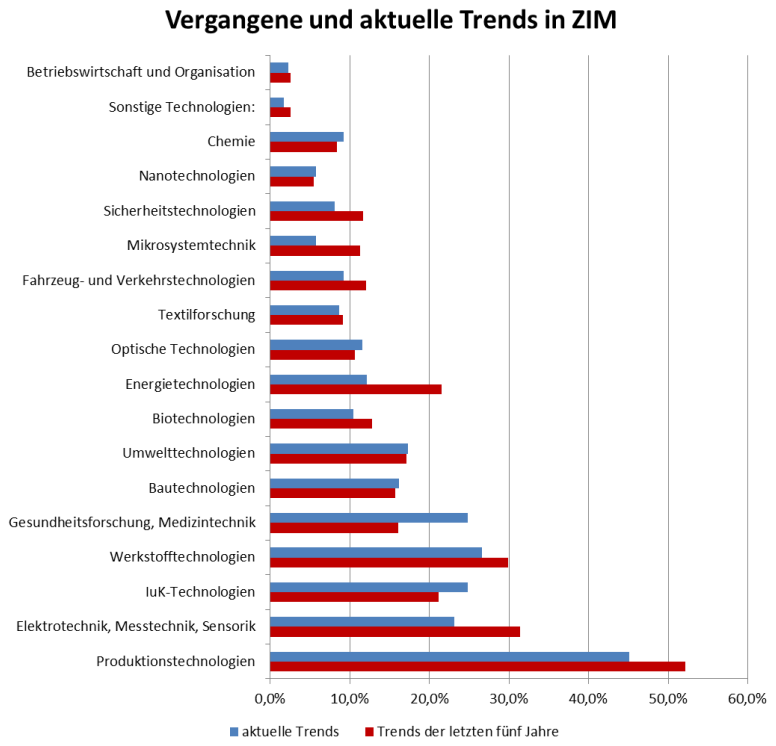


Abbildung 11: Vergangene und aktuelle ZIM-Trends

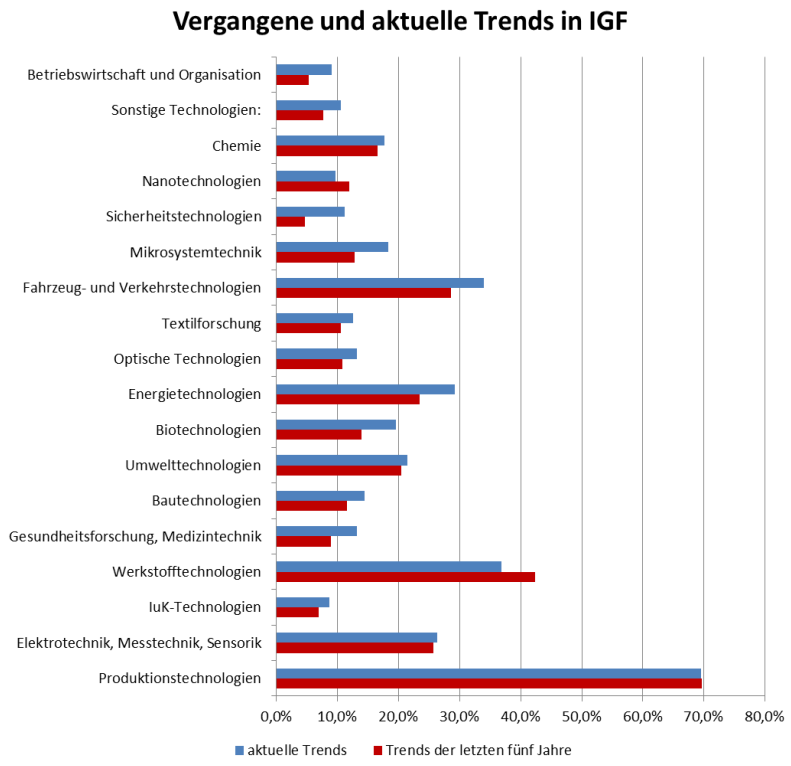


Abbildung 12: Vergangenen und aktuelle IGF-Trends (unterschiedliche Stichprobengrößen: ZIM [N=89]; IGF [N=162])

3.2 Spezifische Ergebnisse in einzelnen Themenfelder

Nachfolgend werden beispielhaft die genannten Trends in drei Themenfeldern differenzierter dargestellt, um typische Muster der Trendnennung herauszuarbeiten und so die Potenziale und Herausforderungen der Trendanalyse durch eine Gutachterbefragung aufzuzeigen. Ausgewählt wurden hierfür die drei Themenfelder „Produktion“, „Gesundheit / Medizintechnik“ sowie „IuK-Technologien“, die besonders klar sichtbare Trendmuster einschlossen. In nun folgenden Abbildungen bedeutet eine kräftige Farbgebung in den Darstellungen nach Jahren die Nennungen eines Trends im jeweiligen Jahr.

3.2.1 Themenfeld Produktion

Im **Themenfeld Produktion** wurden von den Gutachtern im Rahmen der Befragung vor allem Trends in den vier Feldern „Automatisierung / Industrie 4.0“, „Additive Fertigung“, „Leichtbau“ und „Werkstoffe“ genannt. Als übergreifende Trends werden hier Projekte in vermehrter Zahl seit Anfang des Untersuchungszeitraums, also mindestens ab 2012 beschrieben.

Das übergreifende Thema **Industrie 4.0**, das als systemisches Konzept eine Vielzahl von Einzellösungen und Innovationen umfasst, wird von unterschiedlichen Gutachterinnen und Gutachtern zu unterschiedlichen Jahren erstmals als Trend qualifiziert, einschließlich des aktuellen Jahres 2017. Unterhalb dieser Ebene werden aber auch spezifische Ansätze wie predictive maintenance benannt, die erst jüngeren Datums sind. Ein Schwerpunkt der Gutachterrückmeldungen liegt dabei für die vergangenen 12 Monate in der Robotik.

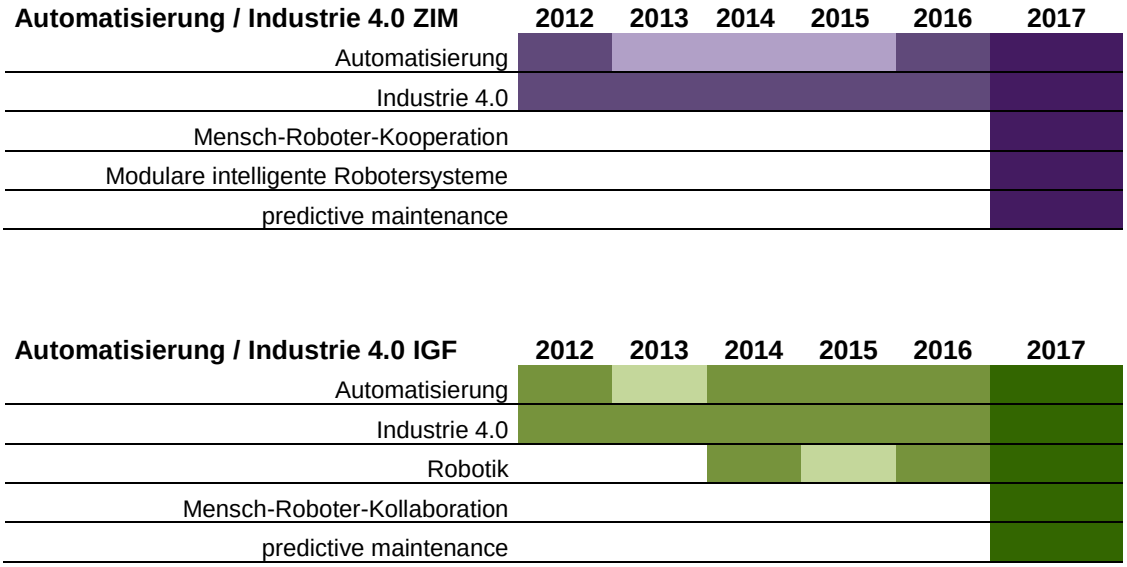


Abbildung 13: Trendnennungen Automatisierung / Industrie 4.0
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

Auch die **Additive Fertigung** wird als Trend prinzipiell schon sehr früh am Anfang des Beobachtungszeitraums 2012/2013 eingeordnet. Allerdings werden spezifischere Anwendungsgebiete wie Medizintechnik, Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt oder spezifische Materialien wie Metallpulver erst zu einem **späteren Zeitpunkt** als Trendfelder benannt. Ähnliches gilt für den **Leichtbau**, der nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter im Verlauf der letzten fünf Jahre in immer neue Anwendungsgebiete ausstrahlte.

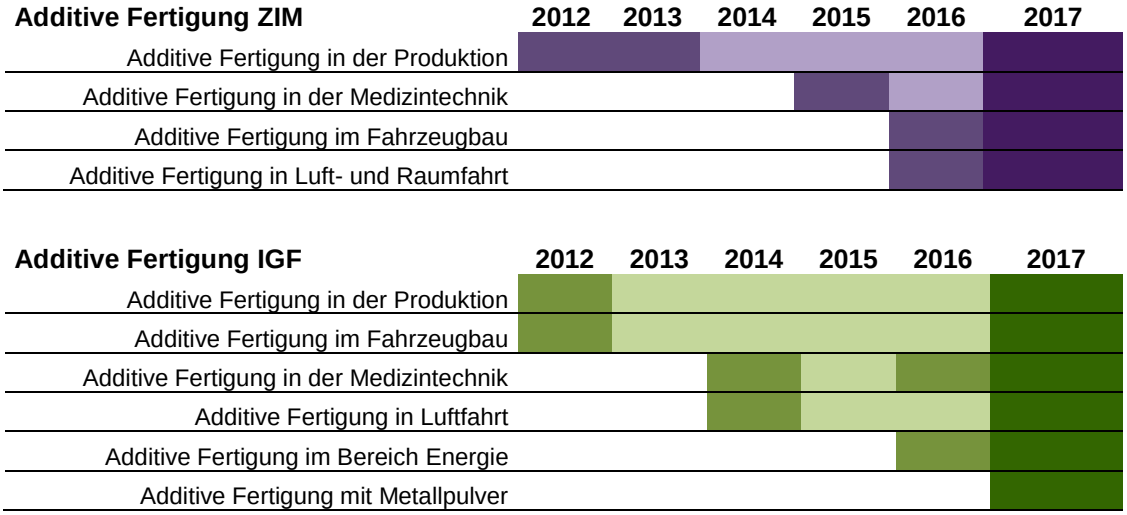


Abbildung 14: Trendnennungen Additive Fertigung
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

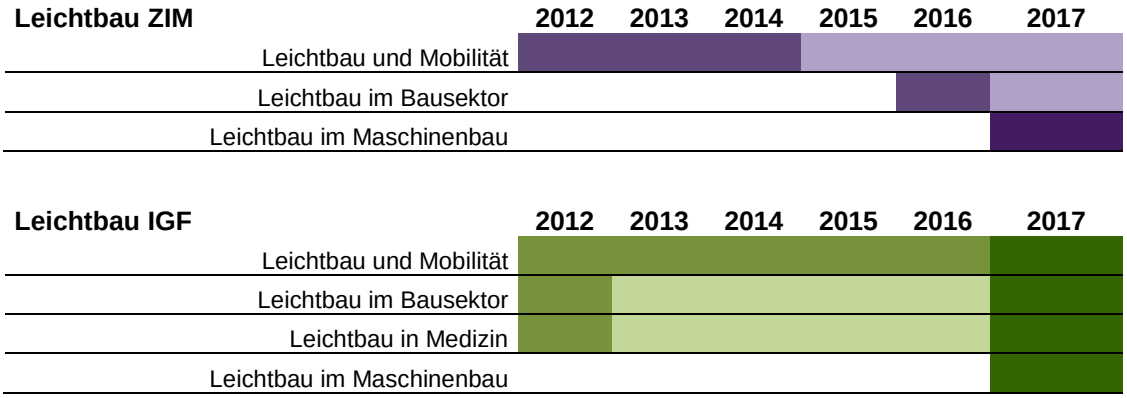


Abbildung 15: Trendnennungen Leichtbau
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

Interessant ist für ein Trendthema wie **die Additive Fertigung** die **große Breite der Themenfelder**, dem sie zugeordnet wird. In der nachfolgenden Graphik ist diese Verteilung beispielhaft nach Anzahl der absoluten Gutachternennungen für ZIM aufgezeigt. Neben den häufigen Nennungen für die Bereiche Produktion und Werkstofftechnologien werden auch unterschiedliche andere Bereiche wie optische Technologien, Bautechnologien oder Biotechnologie in einzelnen Nennungen angegeben. Das Beispiel macht deutlich, wie Trends im Rahmen der technologieoffenen Förderung in neue Anwendungsfelder diffundieren und so den Transfer in die Breite begünstigen (siehe auch nachfolgendes Kapitel 3.3 „Muster der Trendentwicklung“).

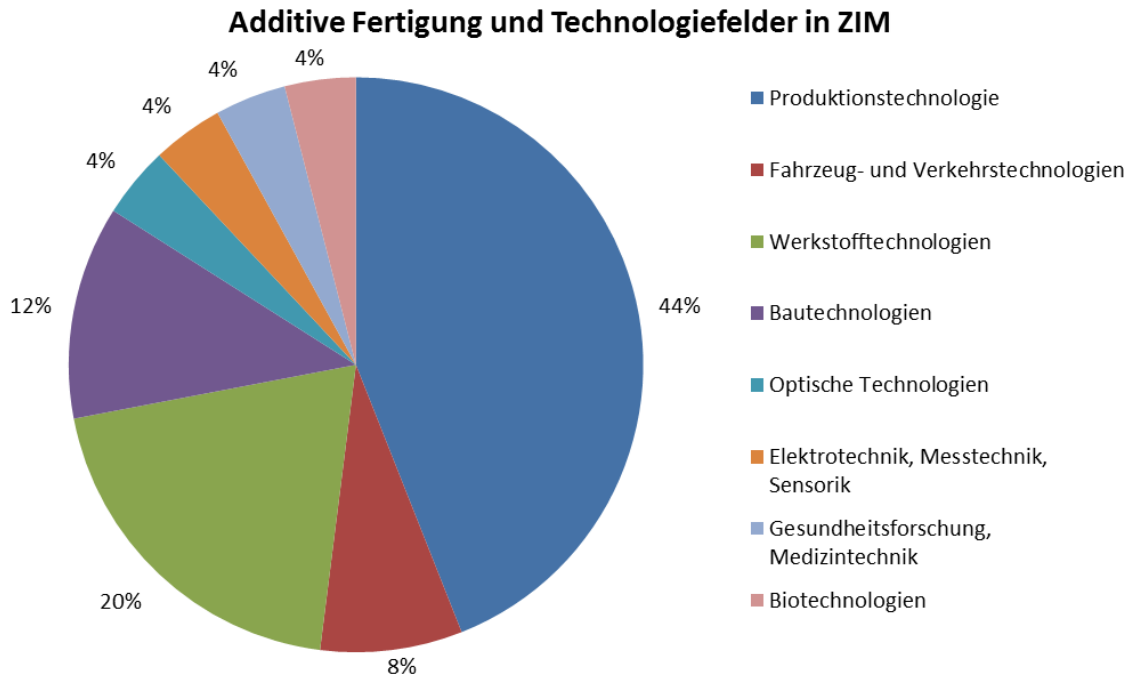


Abbildung 16: Additive Fertigung und ZIM-Technologiefelder (n=274 [N=27], Mehrfachnennung möglich)

Ein breites Trendfeld kann dem Oberthema **Werkstoffe** zugeordnet werden. Während multifunktionale Beschichtungen ein früh einsetzender Trend zu sein scheinen, sind spezifischere Trendausprägungen wie die Entwicklung verschleißbeständiger Materialien und Beschichtungen zeitlich später eingeordnet.

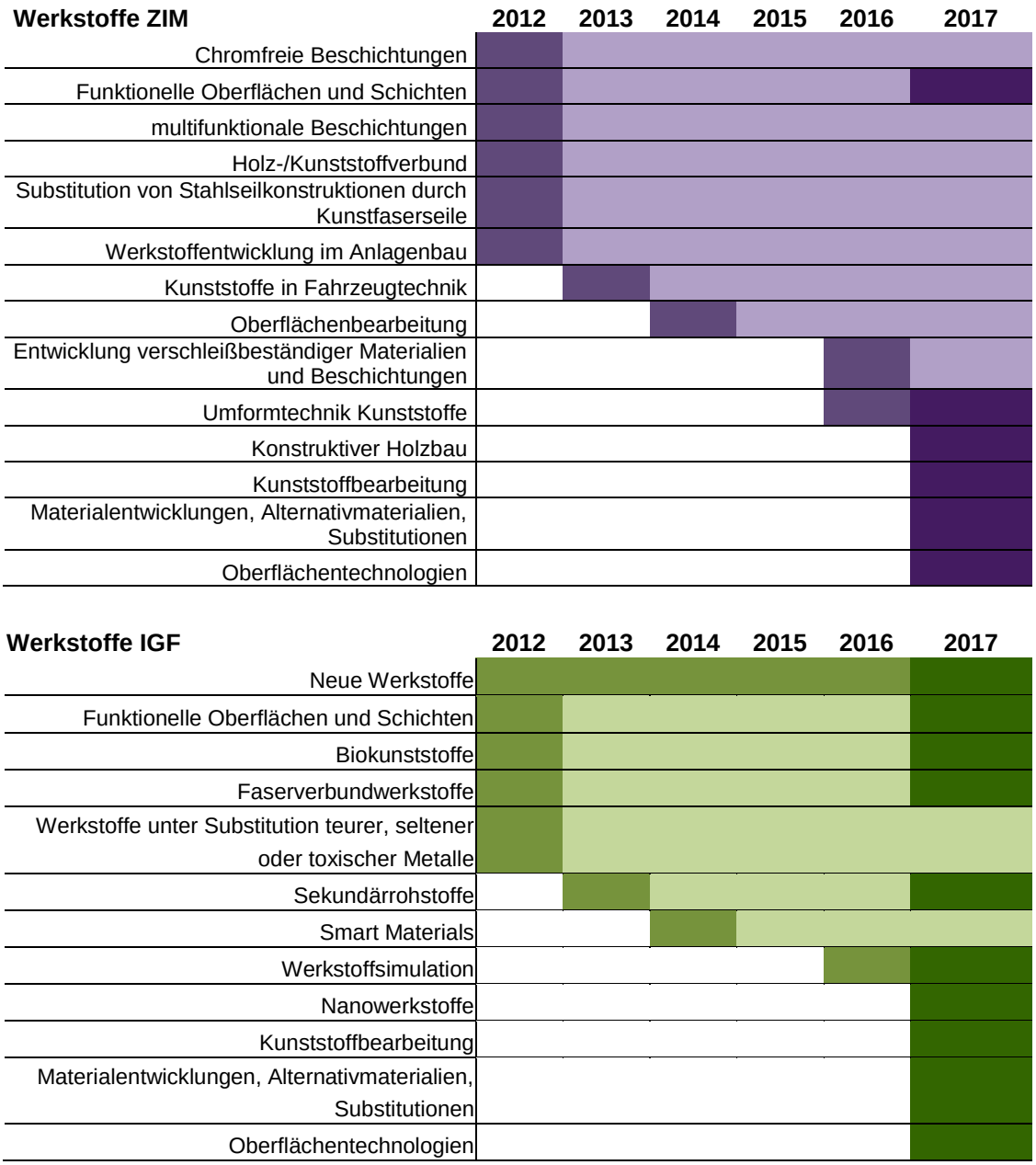


Abbildung 17: Trendnennungen Werkstoffe
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

3.2.2 Themenfeld Gesundheit / Medizintechnik

Im **Themenfeld Gesundheit und Medizintechnik**, das vor allem für das Programm ZIM einen Themenschwerpunkt darstellt, sind vor allem die **personalisierte Medizin**, **Point-of-Care-Technologien** sowie eine breite Zahl an **Einzeltrends** durch die ZIM-Gutachterinnen und Gutachter beobachtet worden.

Die **personalisierte Medizin** ist wie viele der anderen größeren Trendthemen bereits seit 2012 als Trend aufgefallen, wird aber auch für jüngere Zeiträume als Trend beobachtet. Zwei Anwendungsfelder, die explizit als Einzeltrends benannt werden, betreffen die personalisierte **Telemedizin**, also Anwendungsfälle digitaler Technologien, sowie personalisierte **Implantate**, die erst für 2017 als Trend berichtet werden.

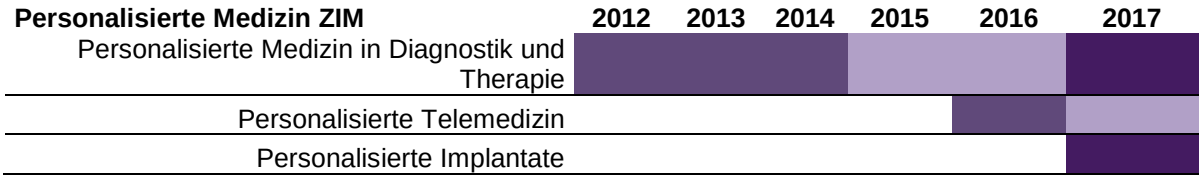


Abbildung 18: Trendnennungen Personalisierte Medizin ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

Interessant ist ein Blick auf die Auslöser dieses Trends. Technische Auslöser und neue Bedarfe halten sich hier die Waage, beide werden gleich häufig genannt. Wesentliche technische Auslöser werden durch die Digitalisierung getrieben, während auf der Bedarfsseite z.B. demographische Trends genannt werden.

Abbildung 19: Trendauslöser personalisierte Medizin ZIM (n= 274 [N=89])

Technische Auslöser Personalisierte Medizin	Neue Bedarfe Personalisierte Medizin
• analytische Methoden • schnelle und kostengünstige molekularbiolog. und biochemische Analysemethoden • Verfügbarkeit von Genomdaten und molekularbiologischen Technologien • Sensortechnik/-miniaturisierung und Auswertungsentwicklung • Digitalisierung des Gesundheitswesens	• Demographie und Gesundheitspolitik • Kundenbedürfnisse • Medical Need, Diversität von Volkskrankheiten wie z.B. Krebs • Demographie, geringere Kosten

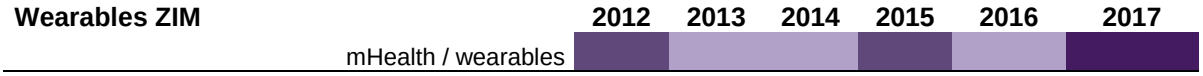
Tabelle 1: Trendauslöser im Bereich „personalisiere medizin“ für ZIM

Der Begriff **Point-of-Care-Testing** bezeichnet in der Medizin diagnostische Untersuchungen, die nicht in einem Zentrallabor, sondern im Krankenhaus unmittelbar auf der Krankenstation, in der Praxis eines niedergelassenen Arztes oder einer öffentlichen Apotheke durchgeführt werden. Die entsprechenden POC-Technologien hierzu sind in ZIM-Anträgen bereits seit 2012 als Trend

erkennbar, etwas später auch in der Lebensmittelanalytik. Aber auch für das aktuelle Jahr 2017 werden hier Trends beobachtet.

Abbildung 20: Trendnennungen POC ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

Ein weiteres Trendfeld sind **digitale Technologien** innerhalb der Medizin. Wiederholt für die Jahre 2012, 2015 und 2017 genannt werden **mHealth / wearables**. Darüber hinaus findet sich in den weiteren Trendnennungen dieser Themenfelder eine Häufung anderer **digitaler Trends** in der Medizintechnik, von der Quantifizierung / Automatisierung, auch in der Datenauswertung, bis zur Nutzung **künstlicher Intelligenz** bei der Bildauswertung. Daneben finden sich weitere querschnittliche Trends wie die **Additive Fertigung** von Medizinprodukten.



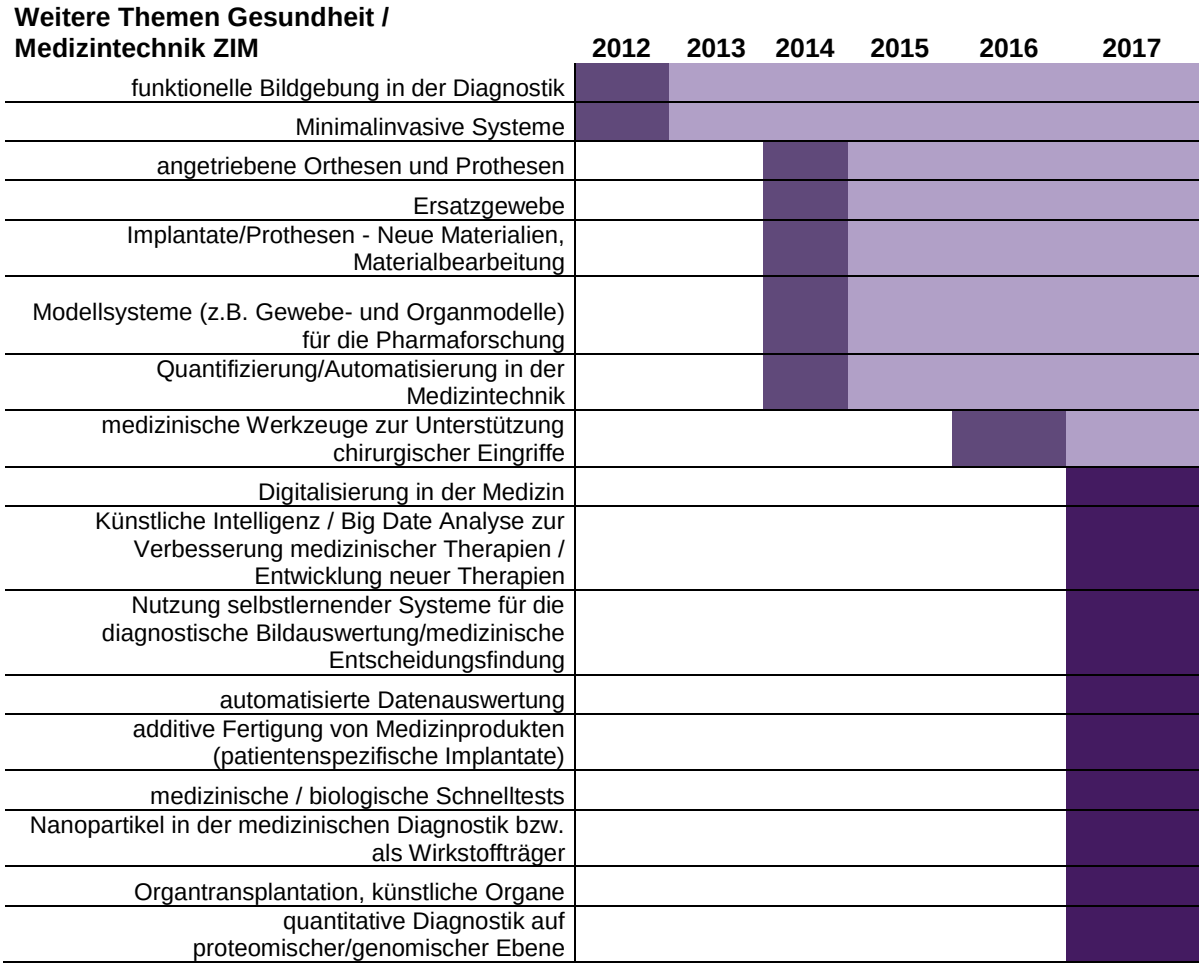


Abbildung 21: Trendnennungen weitere Themen Gesundheit / Medizintechnik ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

Die IGF-Gutachterinnen und Gutachter benennen vergleichsweise wenig Trends im Bereich Gesundheit / Medizin. Häufig sind diese Querschnittstechnologien im Bereich Additive Fertigung, smart Textiles, Sensorik oder IKT, die für das Einsatzfeld Gesundheit / Medizin geeignet sind.

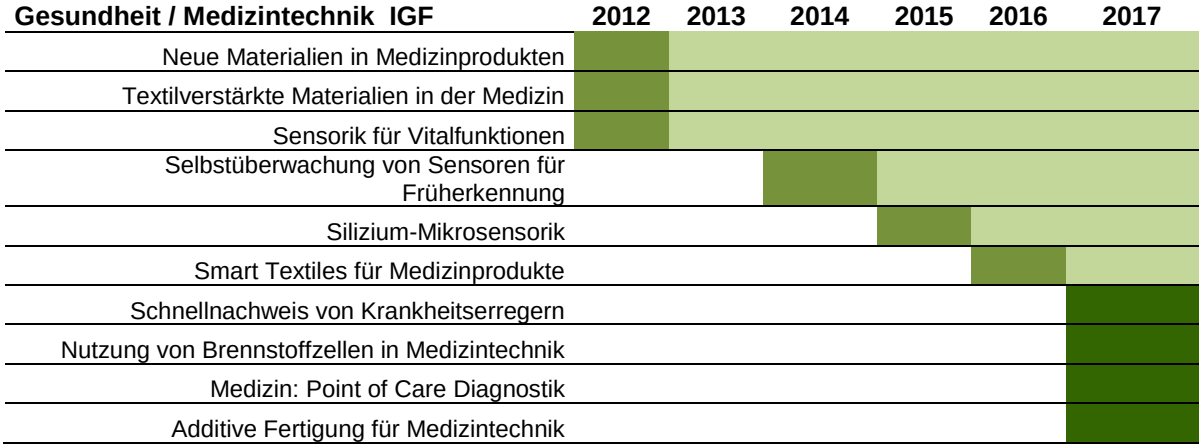


Abbildung 22: Trendnennungen weitere Themen Gesundheit Medizintechnik IGF
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

3.2.1 Themenfeld IuK-Technologien

Ein weiterer großer Schwerpunkt der Förderung wie auch der benannten Trends im Programm liegt im **Bereich IuK**.

Gerade in den letzten Jahren hat sich der Trend **Künstliche Intelligenz**, der bereits 2012 als Trend auffiel, in vielen Anwendungsfeldern zu ZIM-Projekten geführt. Ein deutlich neueres Feld sind Projekte im Bereich der **Augmented Reality**, in dem erst ab 2015 Trends durch die ZIM-Gutachterinnen und Gutachter beschrieben werden. Insgesamt lassen sich viele Einzeltrends durch die Gutachterinnen und Gutachter identifizieren. Ganz junge Trends sind dabei Blockchain-Technologien (ZIM), Smart Home-Projekte (IGF) oder auch Bildverarbeitung / Kamerabasiertes Messen (IGF).

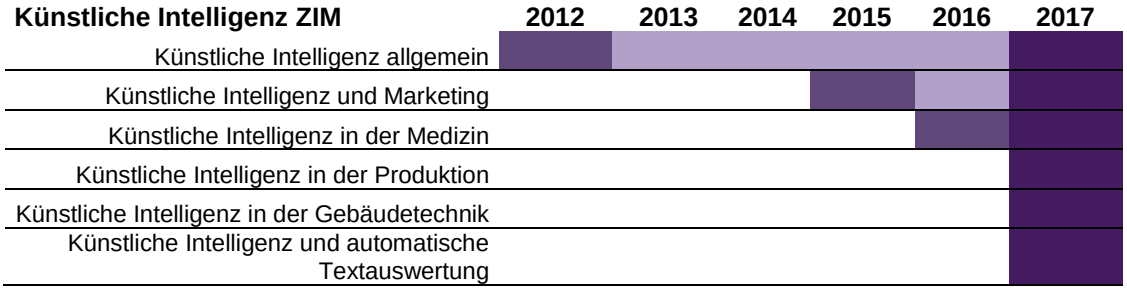


Abbildung 23: Trendnennungen Künstliche Intelligenz ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

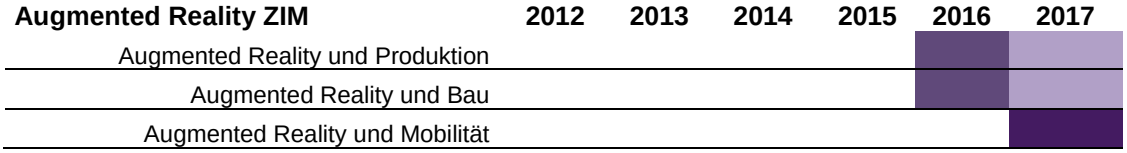


Abbildung 24: Trendnennungen Augmented Reality ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

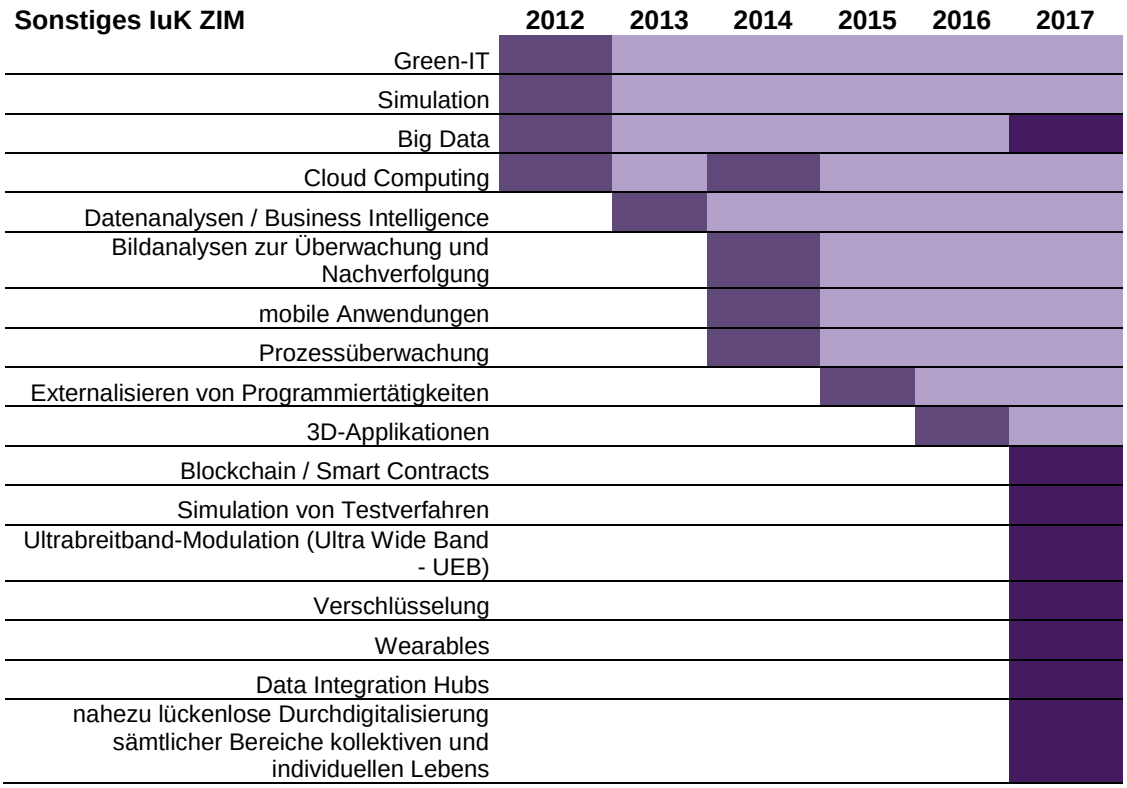


Abbildung 25: Trendnennungen Sonstiges IuK ZIM
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

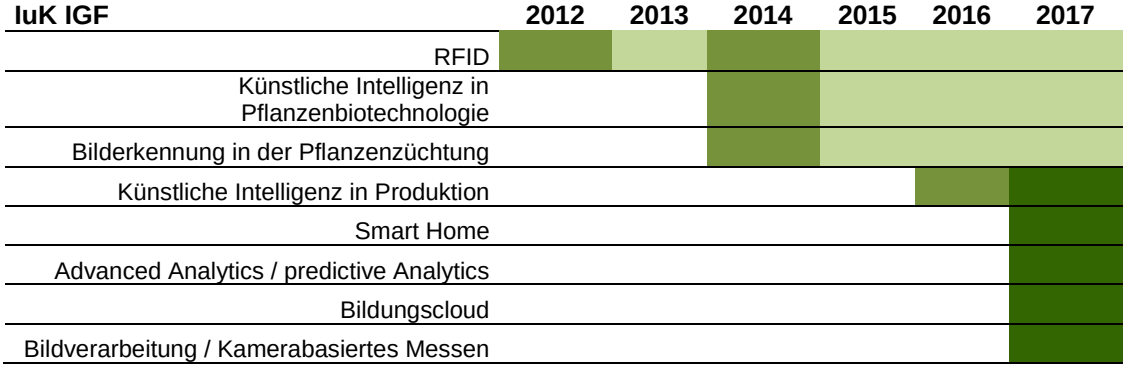


Abbildung 26: Trendnennungen IuK IGF
(dunklere Färbung der Kästen = Trendnennung)

3.3 Muster der Trendentwicklung

In der Zusammenschau der Befragungsergebnisse, insbesondere mit Blick auf die beispielhafte Entwicklung einzelner Trends (siehe Kapitel 3.2), lassen sich übergreifende Muster der Trendentwicklung beobachten. Auch die Rückmeldungen der Gutachterinnen und Gutachter zu übergreifenden Vorteilen der technologieoffenen Förderung (Kapitel 4) stützen diese Interpretation.

Insbesondere die Ausbreitung spezifischer Technologietrends in neue Anwendungsfelder ist ein Indiz dafür, dass es den untersuchten Programmen gelingt, die Diffusion von technologischen Innovationen in die Breite zu unterstützen. Besonders eindrücklich zeigen sich diese Diffusionsmuster am Beispiel der Additiven Fertigung, die oben bereits mit Befragungsergebnissen ausgeführt wurde. Im Zeitverlauf kommen zusätzliche Anwendungsfelder dazu, in denen dieser Trend beobachtet wird. Hierbei dürfte förderlich zum Tragen kommen, dass die technologieoffene Förderung, wie auch von Gutachterinnen und Gutachter unterstrichen, interdisziplinäre Teambildung unterstützt und so die Diffusion von Lösungen in neue Anwendungsfelder ermöglicht. **„Cross-sektorale Kooperationen“** werden damit zu einem wichtigen Mechanismus der Trendausbreitung. Dabei kann die Diffusion in neue Anwendungsfelder **selbst als Trendauslöser** beschrieben werden, da die so eingeführten technologischen Lösungen neue Technologiepfade mit begründen können. Der für ein KMU-Programm durchaus erhebliche Anteil von 10 bis 20 Prozent von Trendsettern dürfte insbesondere auch solche Unternehmen umfassen, die in ihrem Anwendungsfeld technologische Lösungen aus anderen Anwendungsszenarien übernehmen und neue Trends setzen.

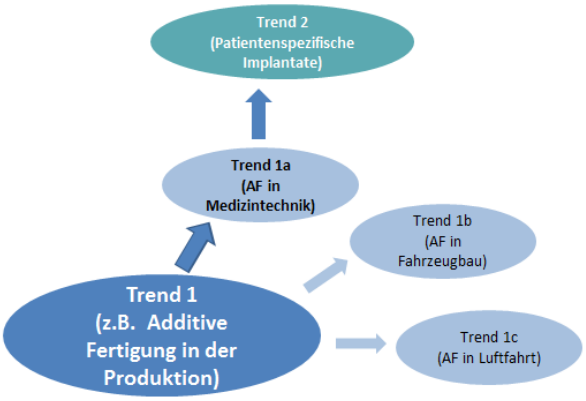


Abbildung 27: Diffusion von Trends in neue Anwendungsfelder

Ein weiteres Muster betrifft die Diffusion von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Lösungen in die Breite der Anwendungen, also den **Transfer von Forschungsergebnissen** aus dem Bereich stärker grundlagenorientierter Forschung in Anwendungsszenarien, die insbesondere von stark kundenorientierten KMU getragen werden. Auch hier trägt die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteursgruppen in gemischten Teams dazu bei, dass die Diffusion gelingt. Kleine und mittlere Unternehmen, die insbesondere eine große Kundennähe und Marktorientierung auszeichnet, können so in ihrem Innovationsverhalten gestärkt werden. Die weiter oben als Trendnutzer bezeichneten Unternehmen sind diejenigen Akteure, die für diese Diffusion verantwortlich sind und die Umsetzung von Technologietrends in den breiten Markt garantieren.

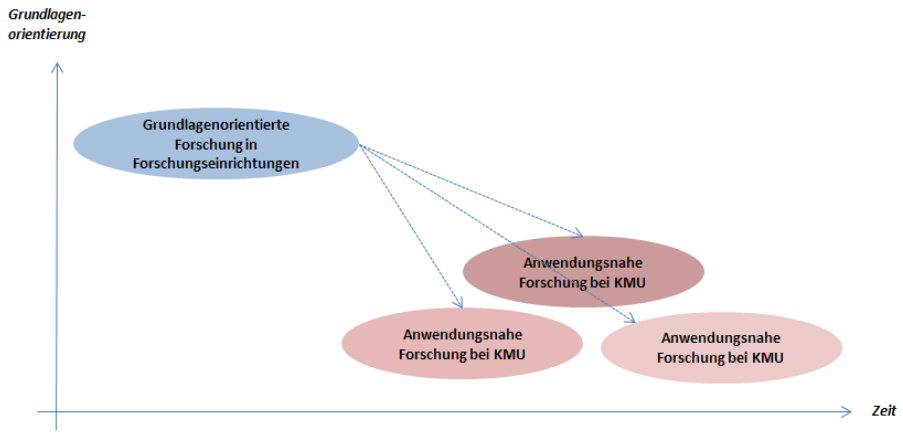


Abbildung 28: Diffusion von Trends in die Breite anwendungsnaher Projekte

In den letzten Jahren hat sich insbesondere in Hinblick auf kleine und mittlere Unternehmen, die wesentliche Zielgruppe der technologieoffenen Förderung, ein Rückgang der Innovationsorientierung gezeigt, die sich in einer rückläufigen Innovatorenquote und gegenüber Großunternehmen eher langsam steigenden F&E Ausgaben manifestiert. Vor diesem Hintergrund ist die Diffusion von neuen technologischen Lösungen in die Breite und die Anpassung dieser Lösungen an den Kundenbedarf von kleinen und mittleren Unternehmen ein wichtiger Faktor, um die Innovationsleistung von KMU zu stärken und damit mittelfristig auch ein Produktivitätswachstum zu sichern, das über der momentan eher schwachen Produktivitätswachstumsrate von heute liegt. Die Einbindung kleiner und mittlerer Unternehmen in cross-sektorale Teams von Verbundvorhaben trägt somit dazu bei, die Transformation dieser Unternehmen zu unterstützen und die Dynamisierung von Innovationsprozessen zu stärken.

3.4 Ergebnisse des Textmining

In Ergänzung zum zentralen empirischen Zugang dieser Studie, der Onlinebefragung von Gutachterinnen und Gutachtern der beiden Programme ZIM und IGF, wurde in einem Zusatzmodul auch ein **Textmining-Ansatz** zur Anwendung gebracht, um die Machbarkeit dieses Analyseweges zu prüfen und zusätzliche Erkenntnisse zur Dynamik der Projektschwerpunkte bei ZIM zu erhalten. Für die IGF wurde erst kürzlich eine Analyse durchgeführt.[5]

Textmining-Ansätze sind in vielen Anwendungsfeldern bereits langjährig etabliert, für den Untersuchungsgegenstand der Projektförderung allerdings noch eine relativ junge Technik der Interpretation von unstrukturierten Daten. Für die Analyse von Förderprogrammen gibt es bislang kaum veröffentlichte Studien mit vergleichbarem Ansatz. Das Vorgehen hatte daher einen explorativen Charakter, der die Interpretation der Befragungsdaten unterstützen und ergänzen sollte.

In einem ersten Schritt wurden **die etwa 5.000 vorliegenden Projektbeschreibungen der sechs Jahresscheiben automatisiert geclustert**. Dabei sucht das Programm aufgrund **semantischer Nähe der Texte auf der Basis von Wortbestandteilen nach Ähnlichkeiten und Unterschieden** und errechnet Cluster, die für die zugeordneten Dokumente eine größtmögliche Nähe untereinander und eine größtmögliche Unterscheidung von Texten anderer Cluster bedeuten. Dem Programm werden zuvor Vorgaben gemacht, wie viele Cluster mindestens und höchstens ausgegeben werden sollen. Für die hier umgesetzte Analyse wurden mindestens 5 Cluster und höchstens 20 Cluster vorgegeben, um die Komplexität beherrschbar zu halten und die Zahl der so erfassten Projektbeschreibungen pro Cluster noch ausreichend hoch zu halten. Ausgewählt wurden für eine weitere Analyse dann die jeweils kleinsten Clusterzahlen, die in der Regel auch die Clusterergebnisse mit der besten Abgrenzung darstellten.

In einem nächsten Schritt wurden die ausgegebenen Cluster anhand der für sie charakteristischen Wortbestandteile von den Experten des Projektteams - selbst ZIM-Gutachter - **Themenfeldern zugeordnet**. Tatsächlich war es den ZIM-Experten des Projektteams in der Regel möglich, entsprechende Themenfelder zu benennen, die durch die charakteristischen Wortbestandteile beschrieben werden können. Durch Textmining können also zuvor nicht weiter inhaltlich sortierte Projektbeschreibungen sinnhaft Themenfeldern automatisiert zugeordnet werden. Diese Cluster sind auch über die beobachteten Jahresscheiben im Grundsatz stabil, d.h. es können wiederkehrend ähnliche Cluster für vergleichbare Themenfelder identifiziert werden.

Zur Illustration dieses ersten Schritts ist nachfolgend als Beispiel die **Clusterung für das Jahr 2012** auf der Basis von 954 Projektbeschreibungen grafisch dargestellt. Die **Größe der sechs Rechtecke** bildet im Verhältnis die Größe der ausgewerteten Dokumentenbasis ab. Das größte Cluster wurde zum Beispiel einem Themenfeld „Beschichtungstechnik / Oberflächentechnik / Materialien“ zugeordnet und umfasste 218 Projektbeschreibungen, das nächstgrößte Cluster wurde einem Themenfeld „Werkzeugbau / Produktionstechnik / Automatisierung / Industrie 4.0“ zugeordnet und umfasste 208 Projektbeschreibungen. Das Textmining-Programm gibt die charakterisierenden Wortbestandteile aus und ergänzt für jeden Wortbestandteil einen Indexwert aus, der für die Relevanz dieses Wortbestandteils zur Abgrenzung des Clusters steht. In der Grafik wurden die jeweils 30 erstgenannten Wortbestandteile abhängig von ihrem Indexwert in einer **Wortwolke** dargestellt, die einen Wortbestandteil mit einem hohen Indexwert besonders groß abbildet.

[5] A. Shadrova 2017: BMWi-Studie „IGF-Trendscoutanalyse“, siehe www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/igf-trendscoutanalyse.html

Cluster 2012

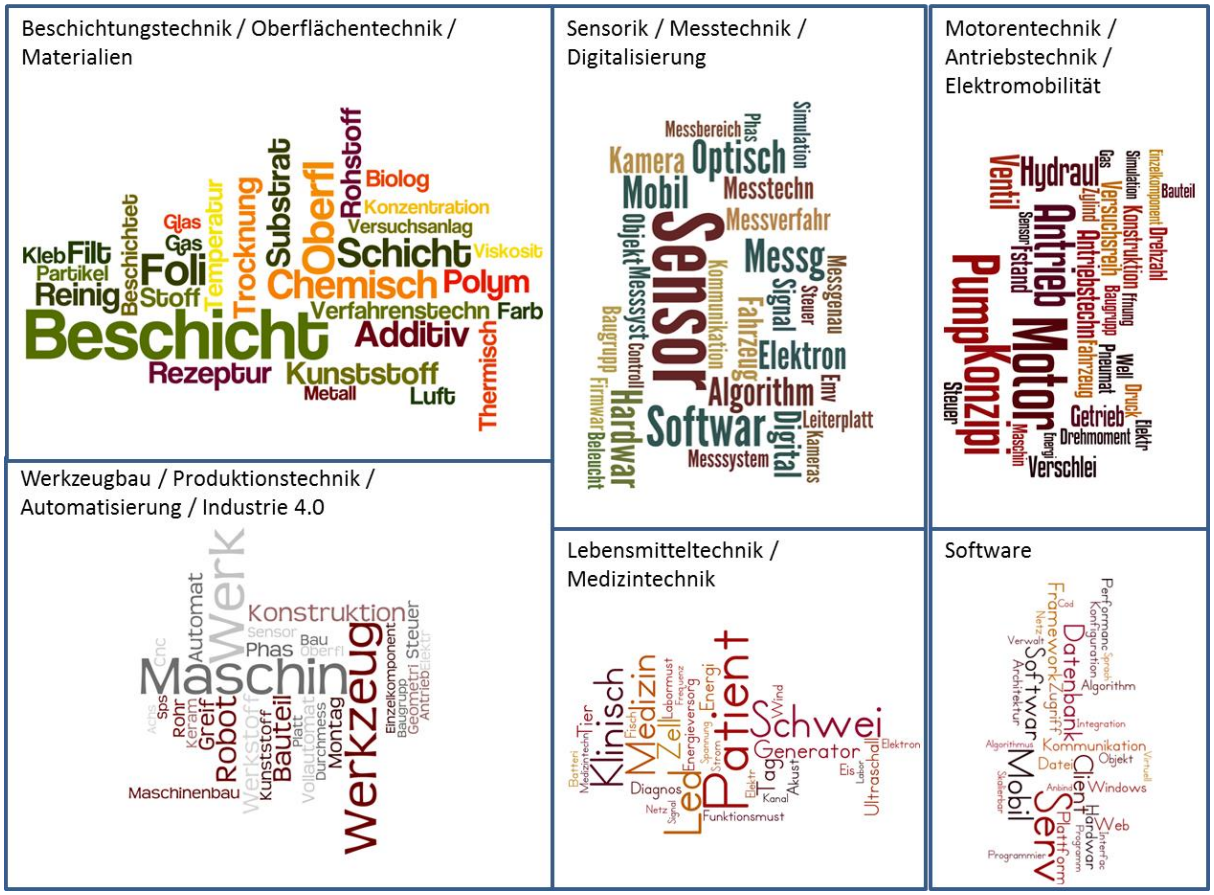


Abbildung 29: Textmining-Clusterergebnisse 2012

Um eine erste Validierung dieser auch für die Folgejahre ähnlichen Clusterungen mit der Verteilung auf die gewohnten Technologiefelder zu erhalten, wurde ein **Abgleich mit der Verteilung der Fördermittel für den Zeitraum 2015 - 2017** vorgenommen. Diese Fördermittelverteilung zeigt einen Schwerpunkt im Bereich Produktionstechnologien, Elektronik/Messtechnik/Sensorik, IuK-Technologien, Werkstofftechnologien sowie Gesundheitsforschung / Medizintechnik (jeweils blau hervorgehoben), der in etwa mit der oben beispielhaft ausgeführten Custerung des Textmining-Ansatzes korrespondiert. Allerdings wird schon in diesem Schritt deutlich, dass die Clusterung mithilfe des Textminings von den Themenfeldern in manchen Punkten abweicht. So haben die Experten des Projektteams ein Cluster aufgrund der charakteristischen Wortbestandteile einem Themenfeld „Motorentechnik, Antriebstechnik, Elektromobilität“ zugeordnet, dass sich in der Technologiefeld-Klassifizierung so nicht findet. Ein korrespondierendes Technologiefeld Fahrzeug- und Verkehrstechnologie ist deutlich kleiner und enger auf den Automotive-Bereich fokussiert.

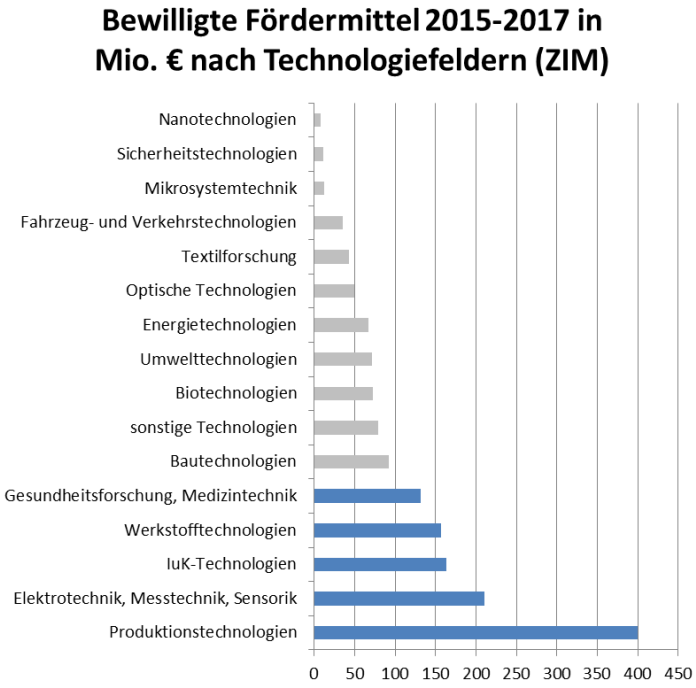


Abbildung 30: Themenschwerpunkte der Förderung ZIM

In einem nächsten Schritt wurden die **jeweilig ähnlichen Themenfeldern zugeordneten Cluster unterschiedlicher Jahresscheiben** in Hinblick auf ihre charakteristischen Wortbestandteile hin untersucht. Dahinter lag die Ausgangsthese, dass **auffällige Veränderungen in diesen Wortlisten** auf neue Trends innerhalb der Themenfelder hinweisen könnten.

Tatsächlich lassen sich für **manche Cluster Veränderungen der charakteristischen Wortbestandteile** beobachten, die sich als Trends interpretieren lassen. Als Beispiel ist nachfolgend die Wortliste für ein **Cluster „Software“ bzw. „Digitalisierung“** für die beiden Jahre 2012 und 2017 wiedergegeben. Die Reihenfolge der Wortbestandteile gibt dabei in absteigender Folge die Relevanz für die Clusterbildung wieder. Auffällig sind die unten rot markierten Wortbestandteile der Liste für 2017, die gut zu den oben beschriebenen aktuellen Trends der Gutachterbefragung passen und in der Clusterauswertung 2012 noch keine Rolle für die Clusterbildung spielten: Mobile Anwendungen / Wearables (smartphone / app), Cloudbasierte Anwendungen (cloud), Datenanalysen und automatisierte Textauswertungen (data / text) sowie IKT-Anwendungen auf betriebswirtschaftlicher Ebene (business). Diese Interpretationen erfolgten allein aufgrund der Betrachtung der Wortlisten, ohne dass die ausgewerteten Projektbeschreibungen noch einmal individuell durch das Projektteam geprüft wurden. Dies wäre aufgrund der großen Zahl an zu berücksichtigenden Projektbeschreibungen (im konkreten Fall 97 Projektbeschreibungen für 2012 und 56 Projektbeschreibungen für 2017) auch nicht mit vertretbarem Aufwand zu leisten gewesen. Genau hier liegt der Vorteil einer automatisierten Analyse per Textmining.

2012	2017
serv	softwar
mobil	data
datenbank	cloud
softwar	serv
client	controll
framework	datenbank
hardwar	smartphon
plattform	verschl
zugriff	ethernet
web	framework
kommunikation	plattform
datei	hardwar
windows	algorithm
architektur	automatisiert
performanc	algorithmus
objekt	business
konfiguration	java
algorithm	kommunikation
netz	network
interfac	architektur
skalierbar	web
integration	digital
sprach	text
verwalt	port
programm	datei
programmier	tool
virtuell	mobil
cod	app
anbind	speich
algorithmus	control

Tabelle 2: Wortbestandteilliste für „Software / Digitalisierung“ im Vergleich

Allerdings konnten vergleichbare Interpretationen der trendhaften Veränderung der Cluster aufgrund veränderter Wortlisten **für die meisten Cluster nicht erfolgreich durchgeführt** werden. In der Regel sind die Cluster pro Jahresscheibe thematisch variierend, manche Cluster verzweigen sich, „changieren“ in verschiedene Richtungen, die charakteristischen Wortbestandteile lassen sich kaum konsistent in Richtung thematischer Trends interpretieren. Als Beispiel sind nachfolgend die vier Wortlisten von vier Cluster der drei Jahresscheiben 2012, 2016 und 2017 abgebildet, die einem Themenfeld „Werkzeugbau / Produktionstechnik / Automatisierung / Industrie 4.0“ zugeordnet wurden. Während für die Jahresscheiben 2012 und 2017 jeweils nur ein Cluster diesem Themenfeld zugeordnet wurde, beinhalteten im Jahr 2016 zwei Cluster relevante Wortbestandteile. Zudem sind weder Veränderungen im Ranking der clusterbestimmenden Wortbestandteile zu beobachten, die als Trends zu interpretieren wären, noch lassen sich die Verteilungen mancher Wortbestandteile in verschiedene Cluster für das Jahr 2016 sinnhaft in Hinblick auf eine Trend interpretieren.

2012	2016a	2016b	2017
maschin	led	antrieb	werk
werk	robot	werk	schwei
werkzeug	kamera	maschin	kunststoff
robot	objekt	hydraul	werkzeug
bauteil	kameras	motor	robot
konstruktion	scan	steuer	maschin
werkstoff	scann	fahrzeug	schneid
greif	sensor	achs	vollautomat
automat	bildverarbeit	drehzahl	membran
phas	optisch	konstruktion	ultraschall
montag	softwar	schwei	motor
vollautomat	automat	werkzeug	bauteil
steuer	virtuell	schneid	greif
rohr	greif	rohr	achs
kunststoff	kontur	baugrupp	drehzahl
cnc	digital	montag	durchsatz
maschinenbau	licht	sensor	oberfl
geometri	automatisiert	automat	cnc
bau	algorithm	modular	sensor
keram	manuell	verschlei	drehmoment
elektr	echtzeit	druck	automat
oberfl	bauteil	phas	geometri
sensor	vermess	cnc	manuell
durchmess	farb	getrieb	antrieb
antrieb	kabel	durchmess	konstruktion
sps	optik	kraft	prozesssich
platt	beleucht	pump	werkzeugmaschin
einzelkomponent	geschwind	elektr	werkstoff
baugrupp	algorithmus	elektron	verschlei
achs	markier	gewicht	steuer

Tabelle 3: Wortbestandteilliste „Automatisierung / Industrie 4.0“ im Vergleich

Die oben beispielhaft wiedergegebenen Befunde machen deutlich, dass sich eine Clusterung über Textmining aller Projektanträge für das Programm ZIM mit dem genutzten Ansatz **nicht mit hinreichender Trennschärfe zentrale Trends identifizieren** lässt. Die aus der Clusterung abgeleiteten Themenschwerpunkte sind im Jahresvergleich nicht hinreichend konstant, um Änderungen der charakteristischen Wortbestandteile systematisch für eine Trendidentifizierung heranzuziehen, auch wenn eine diesbezügliche Interpretation für einzelne Cluster (Beispiel Software /Digitalisierung) schlüssig gelingt.

Es ist davon auszugehen, dass in den durch das Textmining gebildeten Clustern noch **zu viele heterogene Einzelthemen** zusammengefasst sind, die eine Trendermittlung auf diesem Granularitäts-Niveau mit der gewählten Textmining-Methode „k-means“ nicht mehr zulassen. Der Überblick über die alleine für das Jahr 2017 von den ZIM-Gutachterinnen und Gutachtern in der Onlinebefragung angegebenen 132 Einzeltrends stützt diese Interpretation. Auch geben die Aussagen der Gutachterinnen und Gutachter für das zeitliche Einsetzen spezifischer Trends ein relativ unscharfes Bild, das eher gegen eindeutig einsetzende Trendentwicklungen spricht. Für eine künftige Analyse könnte es zielführend sein, statt „k-means“ eine hierarchische Clusterung vorzunehmen, die zunächst Großcluster bildet, diese dann erneut in weitere Teilcluster gliedert und diesen Schritt mehrfach wiederholt.

In einem letzten Analyseschritt wurde eine qualifizierende Vorclusterung durch ein alternatives Textming-Verfahren (Clusterbildung durch Schlüsselbegriffe im Rahmen einer Keyword-Matrix, die zuvor von Experten ausgewählt wurden) genutzt, um anschließend nur diese - in sich homogeneren Großcluster - mithilfe des Textminings zu analysieren. Gewählt wurde das Thema Informations- und Kommunikationstechnologien, das mit 22 Schlüsselbegriffen charakterisiert wurde. Pro Jahresscheibe wurden die am besten durch diese Schlüsselbegriffe erfassten 50 Projektbeschreibungen (insgesamt also 300 Projektbeschreibungen) automatisiert ausgewählt und dann in einem zweiten Schritt wieder analog zum Ausgangsverfahren geclustert. Die hierbei entstandenen Cluster wurden dann semantisch untersucht.

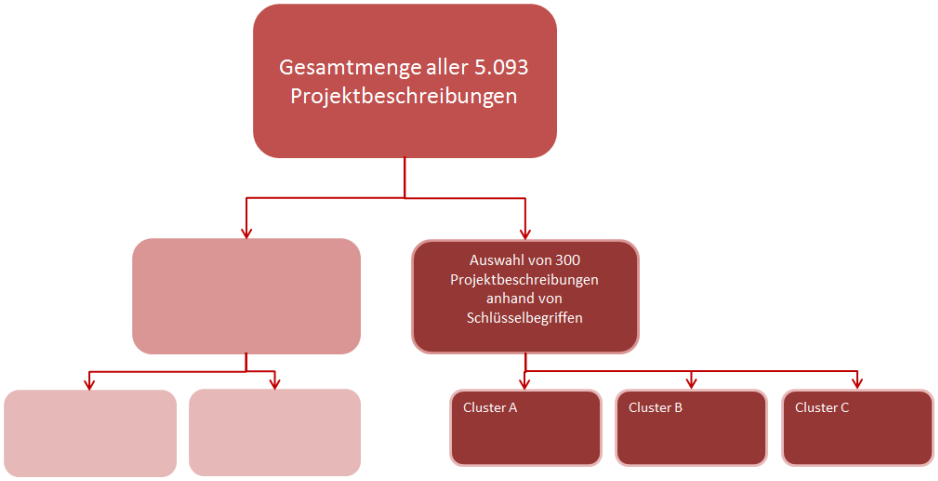


Abbildung 31: Vorclusterung durch Schlüsselbegriffe

Die nachfolgende Übersicht für das Teilcluster Software zeigt, dass einerseits die Clusterung über Jahresscheiben hinweg deutlich konsistenter erfolgte, die wiederkehrenden Wortbestandteile also häufiger waren. Andererseits lassen sich bereits in dieser Ausschnittbetrachtung deutlich besser als im zunächst gewählten Verfahren neue Wortbestandteile in aktuellen Teilclustern identifizieren, die u.U. auf technologische Trends hindeuten (rote Schrift, durch Rahmensetzung der Kästen hervorgehoben).

2012	2013	2014	2015	2016	2017
infrastruktur	bay	data	data	data	serv
serv	data	business	datenbank	algorithm	data
softwar	serv	application	datenmeng	softwar	plattform
framework	algorithm	serv	algorithm	datenbank	softwar
interfac	virtuell	model	serv	adaptiv	datenbank
plattform	automat	user	zugriff	datenmeng	framework
hardwar	verwalt	tool	softwar	serv	**cloud**
client	mobil	verschl	development	tier	datei
werkzeug	netz	cod	datenstruktur	zeich	transformation
verwalt	intelligent	datenbank	format	framework	client
konfiguration	algorithmus	massiv	business	embedded	tool
business	visualisier	schwei	java	intelligent	business
ereigniss	werbung	vorhersag	repr	algorithmus	format
windows	manuell	solution	architektur	informat	fil
generation	konfiguration	client	logist	**echtzeit**	objekt
user	visualisiert	softwar	such	**cloud**	java
video	zugriff	verwalt	tool	maschin	spritzgi
architektur	messdat	algorithm	quell	wett	visualisier
data	softwar	grafisch	speicher	tool	solution
tag	datenbank	**echtzeit**	algorithmus	java	windows
mobil	modular	featur	schema	business	sensordat
linux	client	with	gespeichert	statist	simulation
performanc	testumgeb	algorithmus	konfiguration	histor	architektur
ethernet	internet	erkl	solution	**kommunikation**	virtuell
tssicher	hardwar	interfac	**echtzeit**	hochaufl	cas
format	googl	visualisier	abfrag	training	modellier
visualisier	energi	prozessor	programm	signal	network
biolog	messg	integration	interfac	microsoft	work
algorithm	report	high	emission	micro	**kommunikation**
modifizier	tool	softwaretechn	hardwar	open	user

Abbildung 32: Teilcluster Software in Jahresscheiben und charakteristische Wortbestandteile (absteigende nach Relevanz sortiert)

Abschließend wurde ein **alternativer Zugang der Textanalyse** gewählt und **alle Wortbestandteile** in der **Rangfolge der Häufigkeit der Nennung pro Jahr** analysiert. Tatsächlich lassen sich in einer explorativen Sichtung dieser Wortlisten einige Trends identifizieren, die mit Trends der Gutachterbefragung korrespondieren und diese somit stützen können.

Vergleicht man die Wortlisten der unterschiedlichen Jahre, so tauchen spezifische Begrifflichkeiten, die sich dem Themenfeld 3D-Druck / Additive Fertigung zuordnen lassen, zunehmend weiter oben auf, werden also relativ gesehen häufiger als andere Wortbestandteile genutzt. Dies betrifft die Wortbestandteile „Bauteil“, „Druck“, „Kunststoff“, „Werkstoff“ und „Schicht“. Bereits in der Gutachterbefragung hatte sich die Additive Fertigung als Trendthema gezeigt, das über die Jahre in immer neuen Anwendungsfeldern zum Einsatz kommt.

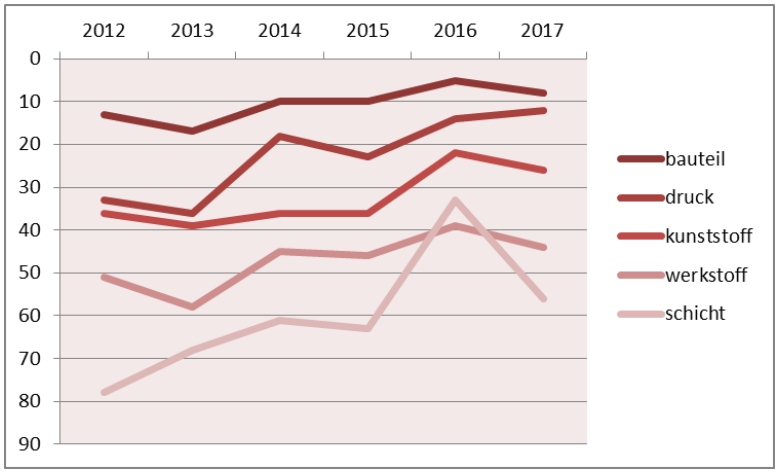


Abbildung 33: Übergreifende Wortbestandteilliste und additive Fertigung

In ähnlicher Weise kann die Gesamtwortliste nach Wortteilen untersucht werden, die mit dem Thema Automatisierung / Industrie 4.0 verbunden sind. Die Wortbestandteile „Sensor“, „automat“, „automatisiert“, „robot“ und „vollautomat“ tauchen im Jahr 2017 relativ gesehen deutlich häufiger auf als noch im Jahr 2012.

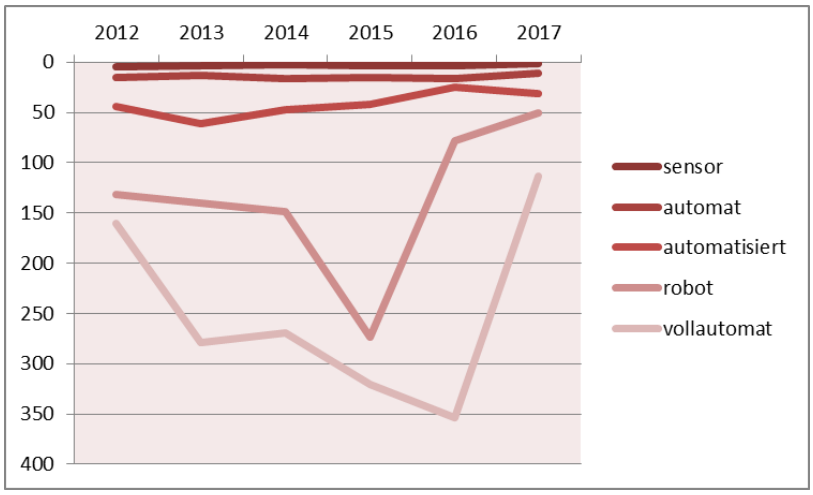


Abbildung 34: Übergreifende Wortbestandteilliste und Automatisierung / Industrie 4.0

Auch hier generiert die Nutzung eines Vorclusterung nach Schlüsselbegriffen noch bessere Ergebnisse. Der Vergleich der Wortbestandteile nach Häufigkeit der Nennungen je Jahresscheibe zeigt differenziertere Muster der Veränderung als Wortlisten des zunächst verwendeten

Clusterungsverfahrens. So wandern Begriffsbestandteile im Kontext von Datenanalyse / Big Data („algorith“, „intelligent“, „data“) bis 2016 in der Liste der häufigsten Wortbestandteile deutlich nach oben (das letzte Jahr ist aufgrund etwas unvollständigerer Daten mit Vorsicht zu interpretieren). Gleiches Gilt für Begriffe, die einer Digitalisierung und Automatisierung der Produktion zuzuordnen sind („druck“, „robot“, „echtzeit“)

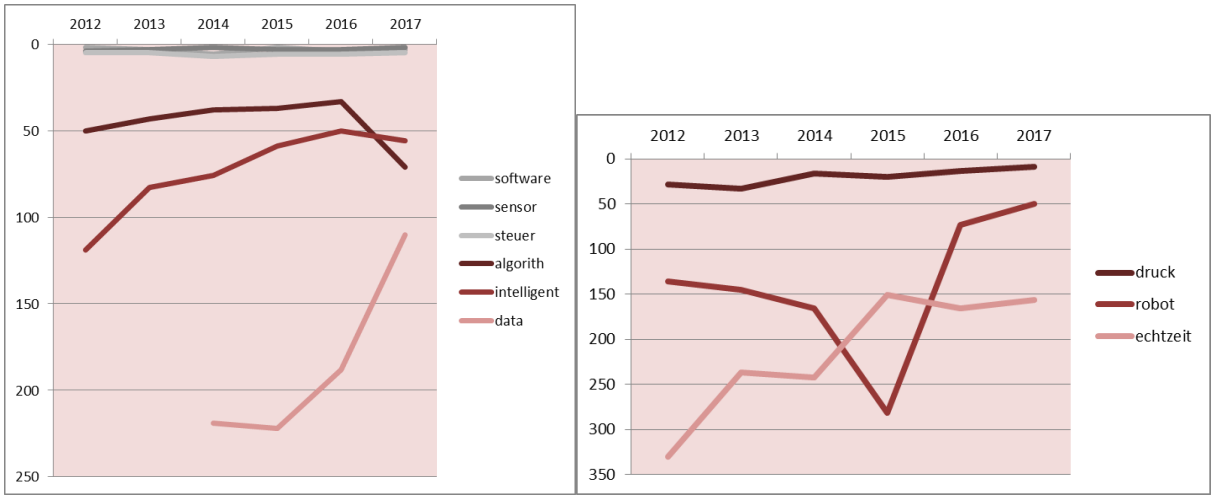


Abbildung 35: Vorclusterung und Veränderung von Schlüsselbegriffen

Die Beispiele machen deutlich, dass eine semantische Analyse der Projektbeschreibungen zumindest für breit vertretene Trends zu Hinweisen kommt, die als Trendentwicklungen interpretiert werden können. Die Befunde legen auch nahe, dass die oben bereits beschriebene Vorgehensweise einer hierarchischen Clusterung noch bessere Ergebnisse für eine Trendidentifizierung liefern könnte.

4 Übergreifende Einschätzung der Vor- und Nachteile der technologieoffenen Förderung

In einer offenen Frage wurde die Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer gebeten, Vor und Nachteile der technologieoffenen Förderung zu benennen. Insgesamt konnten 207 Rückmeldungen erfasst werden, davon 121 von Gutachterinnen und Gutachtern der IGF, und 86 Rückmeldungen von Gutachterinnen und Gutachtern der ZIM-Projektträger. Fast alle Antworten sind als positive Wertschätzungen der technologieoffenen Förderung zu bewerten, nur in wenigen Fällen äußerten die Befragten Nachteile dieser Fördervariante. Insgesamt bezogen sich 91 Prozent der Rückmeldungen von ZIM-Gutachterinnen und Gutachter auf Vorteile, 9 Prozent auf Nachteile. Ähnlich das Bild bei den IGF-Gutachterinnen und Gutachtern: Hier bezogen sich 92 Prozent der Rückmeldungen auf Vorteile und 8 Prozent auf Nachteile. Die deutlich positive Grundstimmung der Gutachterinnen und Gutachter ist vor dem Hintergrund ihrer unterstützenden Rolle für die beiden technologieoffenen Programme ZIM und IGF sicherlich zu erwarten gewesen, gleichwohl geben die Rückmeldungen wichtige Hinweise auf spezifische Funktionen, die eine technologieoffene Förderung im Rahmen der Innovationspolitik spielt.

Besonders herausgehoben wurden folgende **positiven Aspekte** (im Kasten jeweils die Original-Rückmeldungen als Zitat):

Breite der Innovationsvorhaben: Ein besonderer Vorteil der technologieoffenen Förderung liegt nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter in der thematischen Breite, die ohne Vorgaben durch den Fördergeber völlig neue, bislang völlig unbearbeitete Themen und kleinere Nischenthemen förderfähig macht sowie interdisziplinäre Ansätze erleichtert. Der unternehmerischen Kreativität wird damit eine große Entfaltungsmöglichkeit gegeben, die hergebrachte Standards und Vorgehensweisen überwindet und echte Innovationen ermöglicht. Diese thematische Breite spiegelt sich auch in der Fülle der Einzeltrends, die im Rahmen der Gutachterbefragung genannt wurden (siehe Kapitel 3.1.1).

Vorteil Breite der Innovationsvorhaben

„Die technologieoffene Förderung ermöglicht ein breites Spektrum an Ideen und Innovationen, die es ermöglichen, außerhalb von altbekannten Standards zu denken und damit neue Produkte und Technologien anzustoßen und weiterzuverfolgen. Eine wie auch immer gesteuerte Förderung ist innovationsunfreundlich.“ (IGF)

„Eher vorteilhaft, weil der Kreativität eine Chance gegeben wird.“ (IGF)

„Die interdisziplinäre Vielfalt ermöglicht zahlreiche Ansätze für evolutionäre und Sprunginnovationen.“ (IGF)

„Keine Einschränkung auf Spitzentechnologien, neue Technologieführerschaften in bisherigen Nischentechnologien können so erschlossen werden.“ (ZIM)

Themenentwicklung von unten durch Kunden- / Marktnähe: Eng mit der großen thematischen Breite der eingereichten Projekte hängt die Definition neuer Projektideen von unten zusammen. Aufgrund ihrer spezifischen Wettbewerbs- und Marktsituationen und Kundennähe wissen Unternehmen zumeist besser, welche Lösungswege vielversprechend sind und worin dahingehend Innovationspotenzial auszuschöpfen sind. Durch die themenoffene Förderung wird diesem Prinzip Rechnung getragen und eine große Vielfalt ermöglicht. Die vielen Trendbeschleuniger und Trendnutzer beider Programme (siehe Kapitel 3.1.6), die Trends in die Breite tragen, sind ein wesentlicher Treiber für die Themenentwicklung von unten. Auch die Tatsache, dass ein erheblicher Anteil der Trends quasi „unter dem Radar“ einer breiteren öffentlichen Diskussion entstehen, spricht für eine erfolgreiche Themenentwicklung von unten.

Vorteil Themenentwicklung von unten durch Kunden- / Marktnähe

„Die Offenheit in der Technologie erleichtert Bottom-Up-Entwicklungen. Es muss nicht alles in Ausschreibungen vorstrukturiert werden." (IGF)

„Kern der IGF ist das Bottom Up -Prinzip, demgemäß die Unternehmen sehr stark in die Auswahl der Antragsthemen und das Erkennen von Innovationsfeldern/Technologie- und Know-how-Bedürfnissen eingebunden sind. Nur eine technologieoffene Förderung ermöglicht es, diese anwendungsnahe und doch trendsetzende Forschung mit so hoher Effizienz auch im Sinne einer Umsetzung durchzuführen." (IGF)

„Klare Vorteile: Bottom-Up Prinzip ermöglicht es, dass sich auch Randtechnologien etablieren können. Technologieoffene Förderung fördert Vielfalt." (IGF)

„Bottom-Up Prinzip, Förderung erlaubt es Unternehmern selbst die Entscheidung zu treffen, in welche Technologien sie investieren wollen." (ZIM)

KMU-Orientierung: Die beiden themenoffenen Programme ZIM und IGF richten sich beide insbesondere an den Mittelstand und gehen auf die besonderen Bedürfnisse von KMU ein. Als klarer Vorteil wird in diesem Zusammenhang die Möglichkeit gesehen, jederzeit eine Projektidee einbringen zu können und nicht auf zeitlich gebundene Ausschreibungen warten zu müssen. Damit ist die themenoffene Förderung verhältnismäßig niedrigschwellig und insofern attraktiv für kleine und mittlere Unternehmen. Klarer Vorteil ist dabei auch, dass die themenoffene Förderung themenflexibel agiert. Damit reflektiert sie die für KMU typische Flexibilität, auf Änderungen von Markterfordernissen und Rahmenbedingungen schnell reagieren zu können. Gerade Unternehmen, die in spezifischen Nischen erfolgreich sind und damit das Potenzial zum „hidden champion" haben, können von der technologieoffenen Förderung in besonderem Maße profitieren. Auch diese Beobachtung wird durch die Daten der Gutachterbefragung gestützt, in der sich ein erheblicher Anteil von Trends zeigt, die nur punktuell oder gar nicht in der öffentlichen Diskussion aufscheinen (siehe Kapitel 3.1.6).

Vorteil für KMU

„Chance für KMU, unabhängig von Ausschreibungen zu dem für sie richtigen Zeitpunkt Entwicklungen zu starten." (ZIM)

„Gerade KMU können so technologische Trends besser und frühzeitig erkennen und durch Beteiligung an Forschungsprojekten so für sich nutzbar machen, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert wird." (IGF)

„Die technologieoffene Förderung ist die einzige Maßnahme, die KMU gezielt fördern kann und unabhängig von den groß ausgeschriebenen Schwerpunkten ist, bei denen oft völlig absurde Schwerpunkte entstehen wie z.B. die starke Förderung der E-Mobilität bei Vernachlässigung klassischer Bereiche." (IGF)

„Stärkt kleinere Unternehmen und damit den Wettbewerb. Eröffnet neue Möglichkeiten für Nischenprodukte. Ist eine Basis für mittelfristige (nicht kurzfristige!) Wettbewerbsfähigkeit und Innovation." (IGF)

Hohe Flexibilität und Adaptionsfähigkeit: Insbesondere für KMU ist die hohe Flexibilität der themenoffenen Förderung ein besonders wichtiger Aspekt. Aber auch innovationspolitisch schafft diese Flexibilität eine hohe Anpassungsfähigkeit. Neue Förderschwerpunkte müssen nicht erst konzipiert und implementiert werden, auch für sich schnell entwickelnde Trends steht kontinuierlich ein

geeignetes Förderinstrumentarium dauerhaft bereit. Die durchaus beträchtliche Zahl an Trendsettern (siehe Kapitel 3.1.6) belegt, dass die technologieoffene Förderung für solche neuen Trends ein geeignetes Förderinstrumentarium bereithält.

Vorteil hohe Flexibilität und Adaptionsfähigkeit

„Nur eine technologieoffene Förderung ist schnell und flexibel genug, um aktuelle Bedarfe und Trends mit Forschungsprojekten zu untermauern." (IGF)

Man kann bereits beim Auftreten eines Trends entscheiden, dass und wie man Projekte daraus fördert, da man keine Einschränkung hat. Ansonsten müssten neue Förderprogramme ausgesetzt werden und könnten den Trends nur nachfolgen. (ZIM)

„Die technologieoffene Förderung stellt sicher, dass Technologien noch vor dem Entstehen eines konkreten Trends entwickelt werden können und somit zielgerichteter und früher zur Anwendung in neuen Produkten und technischen Dienstleistungen kommen. Dies sichert dem deutschen Mittelstand im internationalen Vergleich einen erheblichen Wettbewerbsvorteil." (ZIM)

Kooperationen und Interdisziplinarität: Ein weiterer Vorteil der technologieoffenen Förderung wird in der Möglichkeit gesehen, interdisziplinäre Teams zu bilden und damit Kooperationen über Fächergrenzen hinweg zu ermöglichen. Besser als in einer themenorientierten Förderung finden so nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter Teams zu einander, die bedarfsgerecht unterschiedliche Kompetenzen und Wissensbestände zusammenbringen. Diese cross-sektorale Kooperation (siehe Kapitel 3.3) stärkt auch den Transfer aus der Wissenschaft in die Anwendung und aus einem Anwendungsfeld in andere Anwendungsfelder.

Vorteil Kooperationen und Interdisziplinarität

„Vorteil der technologieoffenen Förderung ist die enge Verzahnung unterschiedlicher Wissensgebiete, die heute unverzichtbar für weiteren Fortschritt ist." (ZIM)

„Hauptvorteile der technologieoffenen Förderung sind die erleichterte fachübergreifende Kooperation und die Bildung ggf. größerer Netzwerke." (ZIM)

„Interdisziplinäre Entwicklung kann im Gegensatz zu themeneingeschränkter Förderung gefördert werden." (ZIM)

„Große Vorteile, um Innovationssprünge durch interdisziplinäre Zusammenarbeiten zu begünstigen." (IGF)

Transfer: Nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter sind technologieoffene Programme wie IGF und ZIM besonders geeignet, um den Transfer aus der Wissenschaft in die Praxis zu befördern, zum Beispiel über den Wechsel von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Forschung in Unternehmen.

Vorteil Transfer

„Neue Technologien kommen zielgerichtet und früher zur Anwendung in neuen Produkten und technischen Dienstleistungen. (ZIM)

„Der größte Vorteil ist die Ausbildung und Kenntniserweiterung junger Wissenschaftler die dann diese später in die Unternehmen tragen können. (IGF)"

Als **negative Einschätzungen** überwiegen Bewertungen, die eine fehlende politische Priorisierung bemängeln. Allerdings sehen einzelne Rückmeldungen auch, dass es hierfür ja bereits ein breites Set an thematisch ausgerichteten Förderprogrammen gibt. Ein weiterer Nachteil wird von einzelnen Gutachterinnen und Gutachtern in einem möglicherweise geringeren disruptiven Potenzial gesehen, auch weil manche Themenbereiche möglicherweise zu wenig fokussiert gefördert werden. Tatsächlich aber ist es für KMU mit ihren begrenzten finanziellen Kapazitäten oft nicht sinnvoll, über innovative, gleichwohl marktnahe Lösungen hinaus ein unkalkulierbares Risiko einzugehen.

Nachteil fehlender Steuerung

„(Politische) Lenkungswirkung zur Förderung bestimmter Technologien geht verloren.“ (IGF)

„Möglicher Verlust an "Fokus" zu Zielen.“ (IGF)

„Nicht notwendigerweise fokussiert auf die großen Herausforderungen - was aber von anderen Programmen gut abgedeckt wird.“ (IGF)

„Keine gerichtete Forschung, keine direkte Adressierung gesellschaftlicher Themen.“ (IGF)

„Wichtige zentrale Entwicklungen werden nicht ausreichend gefördert, z.B. Kernfusionstechnologien.“ (IGF)

„Bestimmte Themen von öffentlichem Interesse können nicht forciert werden.“ (ZIM)

Nachteil geringeres disruptives Potenzial

„Das "disruptive Potenzial" der Förderung ist meist gering.“ (IGF)

„Förderung zu breit gestreut und zu lange anhaltend.“ (ZIM)

5 Methodische Einordnungen

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Entstehung und Verbreitung thematischer Trends in der technologieoffenen Förderung des BMWi zu untersuchen und dabei auch die Machbarkeit unterschiedlicher methodischer Zugänge zu prüfen. Erfasst wurden thematische **Trends in den Förderprojekten der Programme ZIM und IGF**, die in den vergangenen fünf Jahren (2012 - 2017) aufgrund vermehrter Anträge zu den jeweiligen Themen sichtbar wurden. Hierzu wurde eine Befragung der Gutachterinnen und Gutachter beider Programme durchgeführt und durch eine Erprobung von Textmining-Ansätzen zu ausgewählten Projektanträgen des Programms ZIM ergänzt.

Das Ergebnis der Trendanalyse macht deutlich, dass die **themenoffene Förderung** in den beiden Programmen ZIM und IGF eine **erhebliche thematische Breite an unterschiedlichen Innovationsschwerpunkten** abdeckt, in denen eine **Vielzahl von technologischen Einzeltrends** identifiziert werden konnte. In beiden Programmen finden sich in den letzten fünf Jahren Trends in den Bereichen **Industrie 4.0, Produktionsautomatisierung** oder **Digitalisierung der Produktion**, außerdem auch in den Bereichen **additive Fertigung, Verbundwerkstoffe** und **Leichtbau**. Besonders ausgeprägt sind im ZIM Einzeltrends im Bereich der **personalisierten Medizin** und der **Point of Care -Diagnostik**, aber auch im Bereich der **Künstlichen Intelligenz.** Für das Programm IGF fallen z.B. häufigere Nennungen von Einzeltrends im Bereich der **Energie- und Ressourceneffizienz**, aber auch der **Prozesssimulation in der Produktion** oder von **Brennstoffzellentechnologien** auf. Insgesamt decken sich die Einschätzungen der Gutachterinnen und Gutachter in vielen Fällen, es lässt sich also ein **relativ robustes Antwortverhalten** konstatieren, dass für eine relativ **hohe Belastbarkeit der Befragungsergebnisse** spricht.

Die individuelle Sicht der Gutachterinnen und Gutachter auf eine jeweils beschränkte Zahl an Projektanträgen stellte diese allerdings auch vor eine **nicht unerhebliche Herausforderung** bei der Identifizierung von Trends. Einerseits war es den teilnehmenden Gutachterinnen und Gutachtern in beiden Programmen gut möglich, jeweils **mehrere Einzeltrends für ihren Begutachtungsbereich** im untersuchten Zeitraum zu identifizieren. Dies schloss ganz **aktuelle Entwicklungen** der letzten zwölf Monate mit ein. Andererseits zeigt der Vergleich der genannten Einzeltrends auch, dass die **zeitliche Einordnung** der Trendentstehung mit einer **gewissen Unschärfe** verbunden ist. Die zeitlichen Angaben zu ähnlich benannten Einzeltrends differierten zum Teil erheblich. Auch fällt auf, dass der Trendbeginn überdurchschnittlich häufig für den Beginn des Beobachtungszeitraums 2012 genannt wurde, Trends also als „von Anfang an relevant“ qualifiziert wurden.

Neben der begrenzten Perspektive der Gutachterinnen und Gutachter auf einen Teilbereich aller Projektanträge kann auch **der zeitliche Abstand zu den einzelnen Begutachtungsprozessen** von bis zu fünf Jahren mit dazu beigetragen haben, dass Gutachterinnen und Gutachter in der zeitlichen Zuordnung zu unterschiedlichen Einschätzungen kamen. Es ist nicht immer davon auszugehen, dass die Nennungen der Onlinebefragung zuvor durch eine detaillierte Prüfung z.B. von entsprechenden Dokumentationen verifiziert wurden. Vielmehr dürften viele Nennungen auch aus dem Gedächtnis heraus erfolgt sein, was eine zusätzliche Unschärfe in die zeitliche Zuordnung bringen könnte.

Die **Qualifizierung einer Trenddynamik** von stark zunehmender bis rückläufiger Häufigkeit der Projektanträge führte gleichfalls zu einem heterogenen Bild, auch auf der Ebene einzelner Trendnennungen. Bewerten die einen Gutachterinnen und Gutachter einen Trend als dynamisch ansteigend, so wird derselbe Trend von anderen Gutachterinnen und Gutachtern eher als langsam wachsend oder gar gleichbleibend beschrieben. Auch hier dürfte sich der eingeschränkte Blick der Gutachterinnen und Gutachter auf eine Teilmenge an Anträgen bemerkbar machen, der eine umfassende Einschätzung der Gesamtmenge der Anträge erschwert. Tendenziell werden die beobachteten Trends als **leicht ansteigend bis gleichbleibend** beschrieben, etwa 73 Prozent aller ZIM-Einzeltrends und immerhin noch 66 Prozent aller IGF-Einzeltrends fallen nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter in eine dieser beiden Kategorien.

In der Gesamtschau auf die berichteten Trends wird auch deutlich, dass ZIM- und IGF-Projekte ganz unterschiedlich im Hinblick auf ihre **zeitliche Positionierung zu Diskussionsprozessen** in der Fachcommunity einzuordnen sind. Etwa 2/3 der Trends wurden als parallel zu einer solchen Fachdiskussion (**„Trendbeschleuniger“**) qualifiziert Ein kleinerer Teil der Einzeltrends wurde aber auch als einer solchen Diskussion vorlaufend bewertet, für diese Themen kann also von einer **„Trendsetter“-Rolle** gesprochen werden. Für die berichteten Trends des vorwettbewerblichen Programms IGF macht dies 22 Prozent aller Trends aus, für das marktnahe ZIM 10 Prozent. Weitere Trends bauen eher mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung auf bereits laufenden Fachdiskussionen auf. Diese **„Trendnutzer“** machen zwischen 20 und 23 Prozent aller Trends aus. Trendnutzer sorgen dafür, dass neue technologische Lösungen **schnell die Breite getragen** werden. Interessant ist auch, dass sich die beobachteten Trends aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter **nur teilweise** auch in einer **breiten, öffentlichen Diskussion** widerspiegelten. Für immerhin 43 Prozent (ZIM) bzw. 54 Prozent (IGF) der beobachteten Trends gaben die Gutachterinnen und Gutachter an, dass die öffentliche Diskussion die Trends nur sehr eingeschränkt oder praktisch gar nicht aufgreift. ZIM- und IGF-Trends bewegen sich vermutlich nicht selten auf einer spezifischen Fachebene, die nur Fachexperten erreicht.

Sehr differenziert ist die **Bewertung der Trendauslöser** durch die Gutachterinnen und Gutachter. Für die meisten Trends werden mehrere Auslöser angegeben, die sowohl auf technologischen Durchbrüchen wie auch auf veränderten Bedarfen der Kunden / Nutzer und weiteren Auslösern wie regulativen Änderungen aufsetzen. Die vorliegende Studie konnte dieses komplexe Wirkungsgefüge nur beispielhaft an einigen Trends nachzeichnen. Gleichwohl lassen sich in einer Gesamtschau der Ergebnisse **übergreifende Muster** der Trendentwicklung beobachten. Insbesondere die **Ausbreitung spezifischer Technologietrends in neue Anwendungsfelder** ist ein Indiz dafür, dass es den untersuchten Programmen gelingt, die Diffusion von technologischen Innovationen zu unterstützen. Ein weiteres Muster betrifft die **Diffusion von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Lösungen in die Breite der Anwendungen**.

Interessant sind die sehr differenzierten Rückmeldungen der Onlinebefragung zu **Trends der letzten zwölf Monate**. In den explorativen Telefoninterviews äußerten die meisten Interviewpartner noch erhebliche Skepsis, ob für einen so kurz zurückliegenden Zeitraum überhaupt Trendaussagen möglich wären. In der Onlinebefragung fühlten sich allerdings praktisch alle Befragungsteilnehmerinnen und Teilnehmer in der Lage, hierzu konkrete Angaben zu machen. Insgesamt wurden **für das Programm ZIM 132 Einzeltrends** der letzten zwölf Monate benannt, **für das Programm IGF sogar 225 aktuelle Trends**. Dieses reichhaltige empirische Ergebnis führt zu dem Schluss, dass eine **Wiederholung der Befragung für die letzten zwölf Monate** in der Zukunft **vielversprechende Ergebnisse** bringen könnte. Würde eine solche Befragung regelmäßig durchgeführt, könnte auch eine Zeitreihe der aktuellen Trends erstellt und Trendveränderungen nachgezeichnet werden. Die Einschränkungen einer Befragung zu weiter zurückliegenden Trends (unscharfe Erinnerungen / Fokussierung auf wenige, persönlich favorisierte Trends der Gutachterinnen und Gutachter) würde entfallen.

Eine **Untersuchung von Projektanträgen mithilfe von Textmining-Methoden** wurde erprobt und als ergänzendes Modul in das Projektdesign aufgenommen. Methodisch wurde hier für den Untersuchungsgegenstand der Projektförderung Neuland betreten, da zumindest für Deutschland noch kaum publizierte Studien mit einem solchen Vorgehen vorliegen. **Eine inhaltliche Clusterung der 5.093 untersuchten Projektbeschreibungen** aufgrund der Ähnlichkeit von Wortbestandteilen in inhaltliche Cluster war grundsätzlich möglich und führte zu Clustern, die von den Fachexpertinnen und Experten des Projektteams spezifischen Themenfeldern zugeordnet werden konnten. Allerdings deckten diese Cluster aufgrund des gewählten Textmining-Verfahrens „k-means“ nur relativ große Themenfelder wie Automatisierung / Industrie 4.0 oder Software / IKT ab und konnten noch nicht die Differenziertheit abbilden, die große technologieoffene Programme wie ZIM und IGF ausmachen und die sich wiederum in der Gutachterbewertung sehr deutlich zeigten. Hierfür hätte in einem nächsten Schritt eine **hierarchische Clusterung** erfolgen müssen, die innerhalb der Projektlaufzeit nicht zu leisten war. Differenziertere Ergebnisse erbrachte eine **inhaltliche Vorclusterung** durch

Schlüsselbegriffe, die beispielhaft für das Themenfeld Informations- und Kommunikationstechnologien durchgeführt wurde. Die anschließende automatisierte Bildung von Teilclustern erbrachte deutlich bessere Ergebnisse. Der **Vergleich der im Textming ermittelten Cluster über mehrere Jahresscheiben hinweg** wiederum ergab mit der bislang genutzten Methodik nur für wenige Cluster Veränderungen, die inhaltlichen Trends aus der Gutachterbefragung zugeordnet werden können. Auch hier generiert die Nutzung einer Vorclusterung nach Schlüsselbegriffen noch bessere Ergebnisse. Dies legt den Schluss nahe, dass sich Textmining zwar im Grundsatz für eine Trendanalyse eignen könnte, in den für die vorliegende Studie erprobten Ansätzen aber nicht hinreichend präzise Trends identifizieren kann.

6 Anlagen

6.1 Untersuchungsdesign

Für die Umsetzung wurde ein multimethodisches Vorgehen aus qualitativen wie quantitativen Methoden für das Forschungsvorhaben gewählt.

Zunächst erfolgte im **Arbeitspaket 1** ein exploratives Gruppeninterview mit sechs Gutachterinnen und Gutachtern des Programms ZIM, um den Zugang zu relevanten Informationen über bisherige Trendentwicklungen im IGF und ZIM zu erschließen. Hierbei interessierte insbesondere die Globaleinschätzung der Expertinnen und Experten entlang der Leitfragen der Studie. Zudem wurde das Fragendesign der Leitfäden für die qualitativen Interviews und den Fragebogen für die Online-Befragung mit den Gutachterinnen und Gutachtern besprochen, um eine präzise Informationserhebung sicherzustellen.

Das **zweite Arbeitspaket** bildete den Kern des Forschungsvorhabens. Ausgehend von Erkenntnissen der Explorationsphase wurde auf Basis von **Telefoninterviews** mit einer **Online-Befragung** aller Gutachterinnen und Gutachter sowie einem **Textmining** die eigentliche Trendanalyse umgesetzt. Durch die Kombination der Methoden (Triangulation) konnte die Reliabilität und Relevanz der Ergebnisse der Forschungsvorhaben gesichert werden.

Über **telefonische Experteninterviews** wurden qualitative Informationen und Einschätzungen erhoben, die sich im Rahmen einer strukturierten schriftlichen Befragung nicht angemessen erfassen lassen. Sie ergänzen damit die Informationen aus der Exploration und untersetzen die Ergebnisse der Online-Befragung. Insgesamt wurden im Zeitraum vom 13. bis 23. Oktober 2017 zwölf etwa 30-45 - minütige, telefonische Experteninterviews mit Gutachterinnen und Gutachtern (sechs je IGF bzw. ZIM) entlang der folgenden Fragestellungen geführt:

- Welche 3 bis max. 5 zentralen Trends zeigten sich in den zurückliegenden fünf Jahren in den begutachteten Projekten?
- Was waren zentrale Auslöser für den jeweiligen Trend?
- Waren die Trends eher früher als in der allgemeinen Diskussion einer Fachcommunity aufgetreten, liefen sie parallel zu Trends innerhalb der Branche oder entwickelten sie sich mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends?
- Wie entwickeln sich die Trends über die Jahre hinweg? Inwieweit entsprechen die Trendverläufe den Trendentwicklungen in der öffentlichen Wahrnehmung? Von welchen externen und internen Faktoren hängen die Trendverläufe ab?

Im Rahmen der Telefoninterviews wurden auch prozessuale Aspekte abgefragt, um die Trendanalyse stärker zu kontextualisieren. Die Expertinnen und Experten sollten einschätzen, wie strategisch Projektanträge gestaltet wurden („Antragsprosa“ und Projektrealität), inwieweit Modethemen relevant waren und wie sich Antragsteller ggfs. entgegen der eigentlichen Projektzielstellung verhielten. Ergebnisse der Telefoninterviews wurden im vorliegenden Bericht zudem für eine beispielhafte Erläuterung quantitativer Untersuchungsergebnisse genutzt, um z.B. typische Trendverläufe an einem konkreten Fall nachzuzeichnen. Die Erkenntnisse aus den Telefoninterviews wurden zudem für die Gestaltung des Fragebogens der Online-Befragung genutzt. Die Leitfragen sind ebenfalls im Anhang zu diesem Bericht in Kapitel 6.2 aufgeführt.

6.1.1 Onlinebefragung

Im Anschluss an die telefonischen Experteninterviews wurde vom 7. bis 24. November 2017 eine Online-Befragung aller ZIM- und IGF-Gutachterinnen und Gutachter durchgeführt.

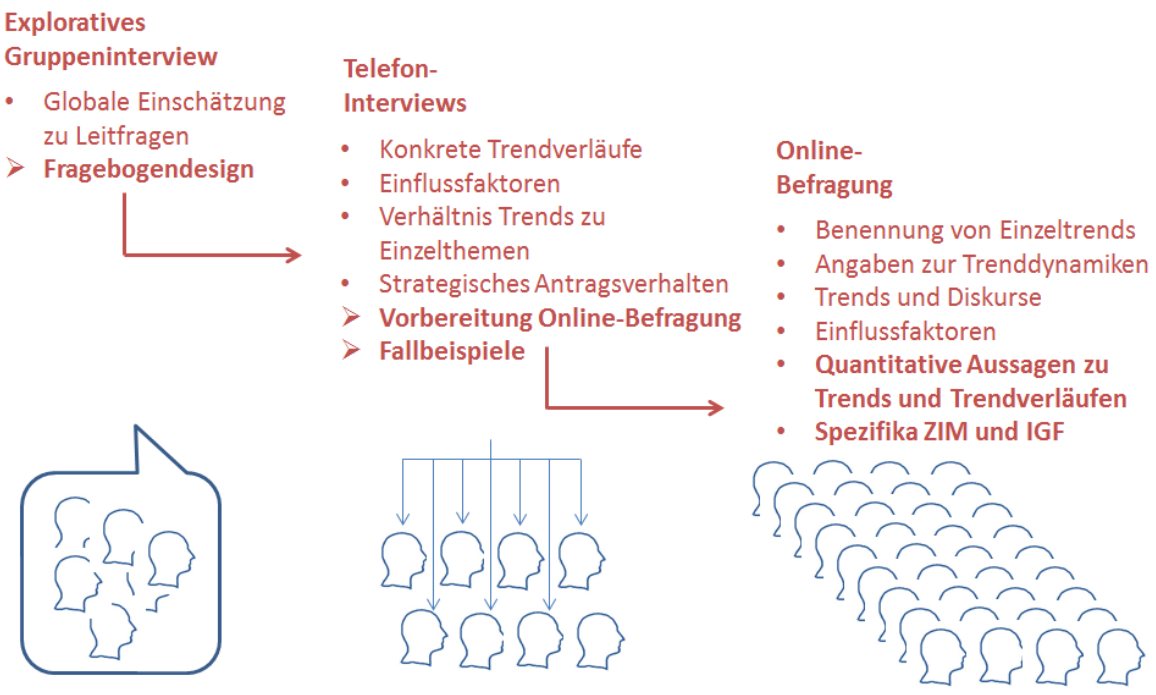


Abbildung 36: Methoden der Gutachterbefragung

Es wurde ein standardisierter Fragebogen mit geschlossenen und offenen Fragen erstellt, der die folgenden Fragedimensionen umfasste:

- Angaben zur Gutachtertätigkeit (Dauer der Gutachtertätigkeit, gutachterliche Vorerfahrungen, Programmlinie und inhaltliche Schwerpunkte, fachlicher und beruflicher Hintergrund)
- Benennung von 3-5 zentralen Trends der letzten 5 Jahre in den begutachteten Projektanträgen
- Benennung von 1-3 aktuellen Themen mit Potenzial für zukünftige Trends, die aus der Begutachtungstätigkeit der letzten 12 Monate abgeleitet werden können.
- Charakterisierung von Auslösern für den jeweiligen Trend, Trendverläufen und Einflussfaktoren auf den Trendverlauf
- Zeitliches Verhältnis des Trends zu entsprechenden Diskussionen innerhalb der Fachcommunity und zu Diskussionen einer breiten Öffentlichkeit
- Benennung von spezifischen Vor- und Nachteilen der technologieoffenen Förderung

Der Fragebogen ist ebenfalls im Anhang zu diesem Bericht in Kapitel 6.3 aufgeführt.

Befragungsrücklauf und Verteilung auf die untersuchten Programme und Programmlinien

Insgesamt wurden 640 Gutachterinnen und Gutachter beider Programme angeschrieben, davon 542 IGF-Gutachterinnen und Gutachter sowie 98 ZIM-Gutachterinnen und Gutachter. Von den 542 IGF-Gutachterinnen und Gutachtern sind 196 aktive Mitglieder der sechs Gutachtergruppen sowie 346 Sonderfachgutachter, die fallweise hinzugezogen werden. Einige Gutachterinnen und Gutachter waren erst sehr kurz tätig bzw. hatten bislang (insb. für IGF) kaum oder gar keine Projekte begutachtet, so dass die bereinigte Grundgesamtheit mit 598 Befragten etwas geringer ausfällt. Insgesamt haben 89 Gutachterinnen und Gutachter der ZIM-Projektträger an der Befragung erfolgreich teilgenommen. Weitere 162 Gutachterinnen und Gutachter, die an der Befragung teilnahmen, arbeiten für das Programm IGF. Während die ZIM-Gutachterinnen und Gutachter als Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der mit der Programmumsetzung betrauten Projektträger tätig sind und damit eine hohe Motivation an der Befragungsteilnahme hatten, arbeiten IGF-Gutachterinnen und Gutachter ehrenamtlich. Sollte die Befragung in der Zukunft wiederholt werden, so ist vor diesem Hintergrund vermutlich nicht mit einer nennenswert höheren Beteiligung zu rechnen.

	ZIM	IGF	Gesamt
Angeschriebene Personen	98	542	640
Bereinigte Grundgesamtheit	96	502 (196*)	598
Rücklauf absolut	**89**	**162**	**251**
Rücklauf relativ	**92,7 %**	**32,3 % (82,7%*)**	**42,0 %**

*Mitglieder der IGF-Gutachtergruppen

Tabelle 4: Befragungsrücklauf

Spezifische Merkmale der Befragungsteilnehmer

Für eine Einschätzung der Qualität der Gutachtereinschätzungen relevant sind die **Dauer der Gutachtertätigkeit** und der damit angezeigte Erfahrungshorizont. Die überwiegende Mehrheit der Gutachterinnen und Gutachter (>60 Prozent) ist schon seit 5 Jahren und länger Gutachterin oder Gutachter und daher in der Lage, den kompletten Untersuchungszeitraum dieser Studie zu überblicken. Der Anteil der erst vor weniger als 5 Jahren berufenen Gutachterinnen und Gutachter bei ZIM ist dabei etwas höher, gleichzeitig auch der Anteil der Gutachterinnen und Gutachter, die schon sehr lange diese Funktion ausüben. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Befragungsteilnehmerinnen und Teilnehmer ist allerdings erst seit relativ kurzer Zeit gutachterlich tätig, hier dürften Einschätzungen zu bereits länger zurückliegenden Trends (Trends der letzten 3-5 Jahre) auf Basis dieser Tätigkeit kaum möglich gewesen sein.

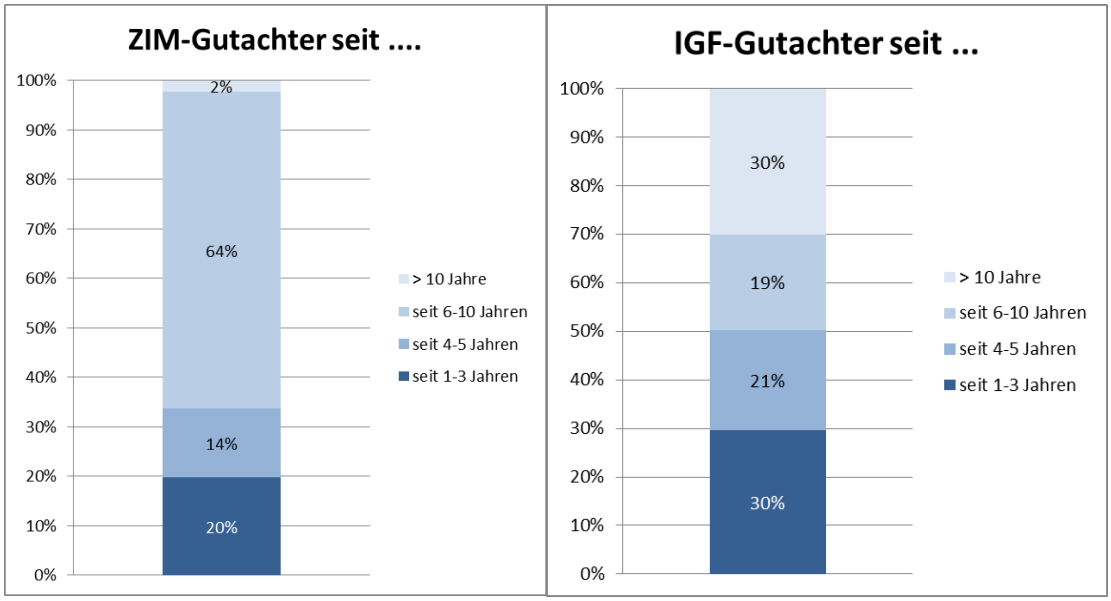


Abbildung 37: Dauer der ZIM-/IGF-Gutachtertätigkeit (ZIM n=89, IGF n=162)

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden gebeten, sich selbst in ihrer **Tätigkeit in den Themenschwerpunkten** von ZIM bzw. IGF zu verorten. Die nachfolgenden beiden Tabellen zeigen, dass mit dem vorliegenden Rücklauf eine breite Abdeckung der verschiedenen Themenfelder erreicht werden konnte und eine hohe absolute Zahl an Rückmeldungen generiert wurde, die alle geplanten Auswertungsrichtungen ermöglichte.

Selbstverortung der IGF-Gutachterinnen und Gutachter auf die Themenschwerpunkte der IGF-Gutachtertätigkeit (IGF-Gutachtergruppen)		
Themenschwerpunkt	**Nennungen**	**Anteil an allen Gutachtern**
Werkstoffe	**61**	37,7 %
Metallische Werkstoffe	33	20,4 %
Nichtmetallische, organische Werkstoffe	19	11,7 %
Nichtmetallische, anorganische Werkstoffe	19	11,7 %
Verfahrenstechnik	**46**	28,4 %
Mechanische Verfahrenstechnik	16	9,9 %
Thermische Verfahrenstechnik	21	13,0 %
Chemische Verfahrenstechnik	21	13,0 %
Betriebswirtschaft und Organisation	**15**	9,3 %

Technische wirtschaftliche	11	6,8 %
Betriebswirtschaftlich-organisatorisch-volkswirtschaftlich	9	5,6 %
Konstruktion und Fertigung	**53**	32,7 %
Konstruktion im Maschinenwesen	21	13,0 %
Konstruktion im Bauwesen	3	1,9 %
Spanende Fertigung, Umformtechnik	17	10,5 %
Fügetechnik	26	16,0 %
Chemie	**38**	23,5 %
Technische und Makromolekulare Chemie	16	9,9 %
Textil- und Bekleidungstechnologie	17	10,5 %
Bio- und Lebensmitteltechnologie	16	9,9 %
Mess- und Informationssysteme	**32**	19,8 %
Mess- und Sensorsysteme, Mikrosysteme	22	13,6 %
Informations- und Automatisierungstechnik	13	8,0 %

Tabelle 5: Gutachter-Themenschwerpunkte IGF (n=162, Mehrfachnennung möglich)

Selbstverortung der ZIM-Gutachterinnen und Gutachter auf die ZIM-Themenschwerpunkte		
Themenschwerpunkt	**Nennungen**	**Anteil an allen Gutachtern**
Produktionstechnologien	42	47,2 %
Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik	35	39,3 %
IuK-Technologien	17	19,1 %
Werkstofftechnologien	36	40,4 %
Gesundheitsforschung, Medizintechnik	25	28,1 %
Bautechnologien	14	15,7 %
Umwelttechnologien	28	31,5 %
Biotechnologien	19	21,3 %
Energietechnologien	27	30,3 %
Optische Technologien	16	18,0 %
Textilforschung	19	21,3 %
Fahrzeug- und Verkehrstechnologien	15	16,9 %
Mikrosystemtechnik	15	16,9 %
Sicherheitstechnologien	10	11,2 %
Nanotechnologien	12	13,5 %
Sonstige Technologien	12	13,5 %

Tabelle 6: Gutachter-Themenschwerpunkte ZIM (n=89, Mehrfachnennung möglich)

6.1.2 Textmining

Der empirische Zugang über eine Befragung von Gutachterinnen und Gutachtern im Rahmen der Onlinebefragung und der Experten-Interviews steht der Herausforderung gegenüber, dass die Erinnerungsfähigkeit dieser Gutachterinnen und Gutachter an weiter zurückliegende Gutachtersitzungen beschränkt ist. Die vorliegende Studie geht von einem Zeitraum von fünf Jahren aus, über den Gutachterinnen und Gutachter überhaupt fundiert Aussagen treffen können, welche Trends in ersten Anträgen auftauchten, bevor sie Mainstream wurden. Aber auch innerhalb dieser fünf Jahre kann diese Fehlerquelle („verschobene Erinnerungen“) nicht ausgeschlossen werden. Ggf. werden frühe Trends angezeigt, die so gar nicht gegeben waren, bzw. nur noch die besonders auffälligen Projekte erinnert.

Deshalb wurde ergänzend zu den Interviews und der Online-Befragung eine Analyse von ZIM-Projektanträgen in einem Textmining-Verfahren erprobt. Dies kann potenziell nicht nur zur Validierung, Konkretisierung und Vervollständigung der erhobenen Informationen aus Interviews und Online-Befragung dienen, sondern auch dazu herangezogen werden, neue Begrifflichkeiten sichtbar zu machen, die sonst durch Modebegriffe überlagert sind. So könnte ein Textmining die Suche nach schwachen Signalen unterstützen, die den Gutachterinnen und Gutachter möglicherweise noch gar nicht auffallen, weil ihre Aufmerksamkeit auch noch vom herrschenden Technologietrend geprägt ist.

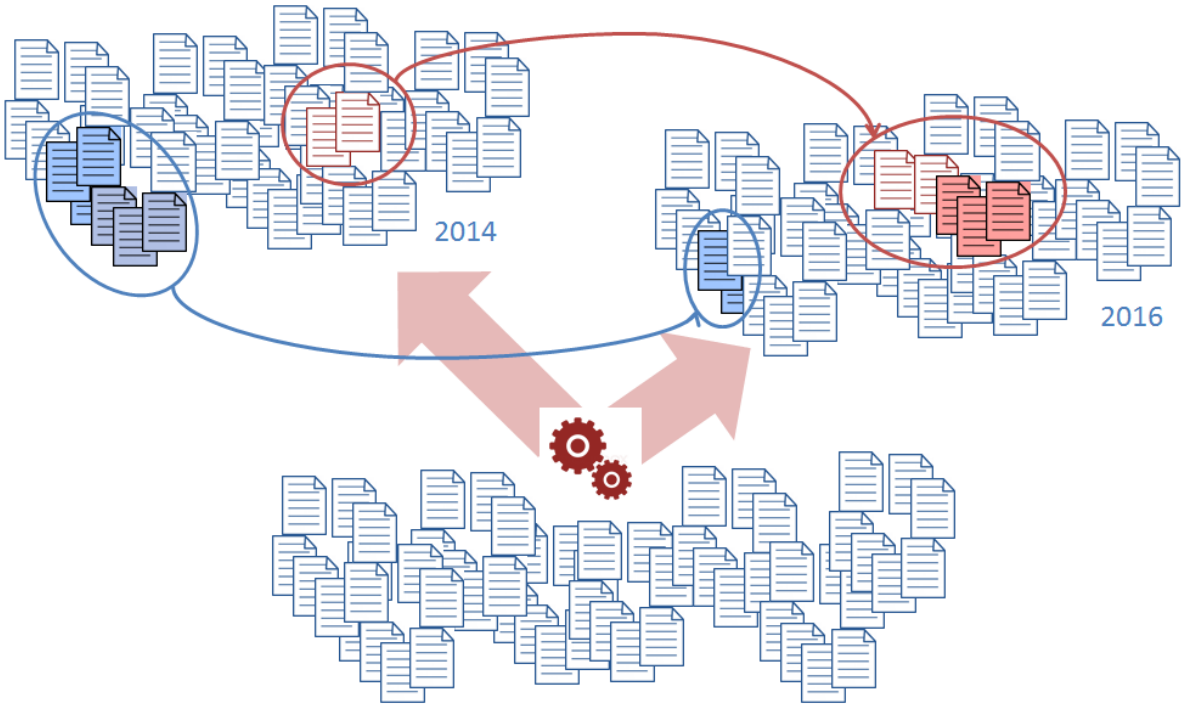


Abbildung 38: Grundprinzip des Textmining

Insgesamt wurden **5.093 Projektbeschreibungen** von ZIM-Projekten ausgewertet, die in den Jahren 2012 - 2017 bewilligt wurden. Da Voraussetzung für die Textanalyse maschinenlesbare Dokumente waren, konnten nicht alle in diesem Zeitraum von den drei mit der Umsetzung beauftragten Projektträgern bearbeiteten Projekte berücksichtigt werden. Um die unterschiedlichen Projektlinien in etwa gleich zu berücksichtigen, wurde zudem bei Verbundprojekten mit mehreren Partnern nur jeweils eine Projektbeschreibung berücksichtigt.

Der so gebildete Datenkorpus wurde nach Jahresscheiben (Jahr der Bewilligung) aufgeteilt, um jede Jahresscheibe einzeln mithilfe des Textmining-Tools auszuwerten. Damit sollte die Möglichkeit eröffnet werden, Veränderungen zwischen den Projektbeschreibungen der sechs Jahre zu identifizieren und erste Rückschlüsse auf inhaltliche Trends zu treffen.

	Anzahl der analysierten Projektbeschreibungen
2012	954
2013	987
2014	962
2015	1.023
2016	710
2017	452
2012 - 2017	***5.093***

Tabelle 7: Anzahl der analysierten Projektbeschreibungen pro Jahresscheibe

Für das Textmining wurde die Software RapidMiner verwendet und sich auf aktuelle Methoden des information retrieval gestützt. Die Anträge wurden für jedes Jahr in dem Zeitraum 2012-2017 hinsichtlich inhaltlicher Schwerpunktcluster analysiert (durch das K-Means-Clustering-Verfahren). Ein Schwerpunkt von Anträgen definierte sich dabei durch relevante Schlagworte, die sich möglichst stark von anderen Clustern unterscheiden. Die Schlagworte jedes Clusters wurden durch ein TF-IDF-Verfahren nach ihrer Häufigkeit gerankt und definierten so das Thema eines Clusters. Gleichzeitig wurde jeder Antrag aufgrund seines Textgehalts einem bestimmten Cluster zugeordnet. Durch die Aufteilung der Anträge in Jahresscheiben und einen Vergleich der so gebildeten Cluster pro Jahr sollte untersucht werden, wie die Themen sich über die Jahresverläufe inhaltlich verändern.

6.2 Leitfaden für Experten-Telefoninterviews

Fragen zur Person

1. *Seit wann sind Sie Gutachter für ZIM /I GF bzw. insgesamt? In welchem Fachgebiet begutachten Sie? Was ist Ihr beruflicher Hintergrund (aus der Wirtschaft, aus Forschungseinrichtung)?*

Fragen zu konkreten Trends

2. *Welche 3 bis max. 5 zentralen Trends zeigten sich in den zurückliegenden fünf Jahren in den von Ihnen begutachteten Projekten? Wann wurden die Trends erstmals in den Projektanträgen bemerkbar (Jahresangabe)? Welcher übergeordneten Kategorie/Themenfeld lassen sich diese Trends zuordnen?*
3. *Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für den jeweiligen Trend (technologischer Durchbruch, neue Bedarfe, andere Faktoren wie gesetzliche Regelungen, z.B. neue Grenzwerte)? Bitte benennen Sie die konkreten Auslöser, soweit bekannt.*
4. *Waren die Trends eher früher als in der allgemeinen Diskussion einer Fachcommunity aufgetreten (ZIM- / IGF-Projekte als Trendsetter), liefen sie parallel zu Trends innerhalb der Branche (ZIM- / IGF-Projekte als Trendbegleiter) oder entwickelten sie sich mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten (also im Produkt oder der Dienstleistung des Antragstellers) (ZIM- / IGF-Projekte als Trendnutzer) aus.*
5. *Wie entwickeln sich die Trends über die Jahre hinweg (deutliche Zunahme, ggf. bis zu Mainstream / wieder abflachender Trend)? Inwieweit entsprechen die Trendverläufe den Trendentwicklungen in der öffentlichen Wahrnehmung (insb. Diskussion in der Fachcommunity und breitere Behandlung in den Medien)? Von welchen externen und internen Faktoren (z.B. Marktentwicklungen, internationale Wettbewerber, veränderte Regulierungen) hängen die Trendverläufe ab?*
6. *Handelt es sich um Trends, die von einem (bereits etablierten?) Anwendungsfeld in ein neues Anwendungsfeld ausstrahlten oder eher um Entwicklungen innerhalb eines Anwendungsfelds?*
7. *Was sind aktuelle Trends der vergangenen 12 Monate? Woran würden Sie Ihre Einschätzung festmachen? Welche Trenddynamik erwarten Sie?*

Allgemeine Fragen zu strategischem Antwortverhalten

8. *Wie strategisch werden Anträge insgesamt in Ausrichtung an vorherrschende Themen formuliert? Hat dies bei den von Ihnen eben beschriebenen Trends eine Rolle gespielt?*
9. *Wie hoch schätzen Sie den Anteil der geförderten Projekte ein, die im Antrag mit entsprechenden Schlagworten scheinbar einem Trendthema folgten, in der eigentlichen Projektumsetzung dies aber nicht einlösen konnten bzw. andere Fragestellungen bearbeiteten?*

Übergreifende Frage zur Beantwortbarkeit der Fragen und notwendiger Voraussetzungen für eine Online-Befragung

10. *Können die eben gestellten Fragen auch im Rahmen einer Online-Befragung beantwortet werden?*
11. *Welche zusätzlichen Hinweise wären aus Ihrer Sicht für die online-Befragung sinnvoll?*
12. *Welche Fragen sollten präziser oder anders formuliert werden?*

6.3 Fragebogen der Online-Befragung

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

0%

Herzlich Willkommen bei der Befragung zu Technologietrends in den Programmen ZIM und IGF!

Wir bitten Sie, auf den nachfolgenden Seiten Einschätzungen zu Trends vorzunehmen, die Sie persönlich bei der Begutachtung von ZIM- bzw. IGF-Projektanträgen der letzten fünf Jahre (seit 2012) wahrgenommen haben. Trends lassen sich insbesondere durch eine Häufung von Anträgen zu einem Thema ausmachen.
Bitte beachten Sie, dass insbesondere eine möglichst präzise zeitliche Einordnung entscheidend für das Ergebnis der Studie sein wird. Wir bitten Sie daher, sich Ihre positiv begutachteten Anträge ggf. noch einmal anzuschauen und die Antragsjahre zu verifizieren.

Hinweis zum Ausfüllen des Fragebogens
Um auf die nächste Seite zu gelangen, klicken Sie bitte auf „Weiter". Die Prozentzahl im Banner des Fragebogens gibt Ihnen Auskunft über den aktuellen Fortschritt der Befragung. Mit „Speichern & Unterbrechen" können Sie die Befragung jederzeit anhalten. Um die Befragung fortzusetzen, melden Sie sich bitte über den angegebenen Link mit Ihren Zugangsdaten erneut an. Die Befragung wird dann auf der zuletzt aufgerufenen Seite fortgesetzt.

Datenschutzerklärung
Gemäß §28 des Bundesdatenschutzgesetzes wird darauf hingewiesen, dass das Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH die Angaben in einer Datei speichert und mit automatischen Verfahren verarbeitet. Das Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH verpflichtet sich zur Wahrung der Vertraulichkeit im Umgang mit diesen Daten. Die Informationen werden ausschließlich für die angegebenen Zwecke verwendet. Die Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse erfolgt in anonymisierter Form.

☐ Ich habe die Datenschutzerklärung gelesen und erkläre mich damit einverstanden

Speichern & Unterbrechen | START

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

13%

Persönliche Angaben

Gutachter/in für das Programm:

- ○ IGF
- ○ ZIM-Einzelprojekte (ZIM-EP)
- ○ ZIM-Kooperationsprojekte (ZIM-KOOP)
- ○ ZIM-Kooperationsnetzwerke (ZIM-NW)

IGF- bzw. ZIM-Gutachter seit *(Jahr)*:

Zuvor bereits Gutachter seit *(Jahr)*:

Speichern & Unterbrechen | Zurück | Weiter

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

20%

Persönliche Angaben

Themenschwerpunkt der IGF-Gutachtertätigkeit
(Mehrfachnennungen möglich)

- ☐ Werkstoffe
  - ☐ Metallische Werkstoffe
  - ☐ Nichtmetallische, organische Werkstoffe
  - ☐ Nichtmetallische, anorganische Werkstoffe
- ☐ Verfahrenstechnik und Energietechnik
  - ☐ Mechanische Verfahrenstechnik
  - ☐ Thermische Verfahrenstechnik
  - ☐ Chemische Verfahrenstechnik
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation
  - ☐ Technisch-wirtschaftlich
  - ☐ Betriebswirtschaftlich-organisatorisch-volkswirtschaftlich
- ☐ Konstruktion und Fertigung
  - ☐ Konstruktion im Maschinenwesen
  - ☐ Konstruktion im Bauwesen
  - ☐ Spanende Fertigung, Umformtechnik
  - ☐ Fügetechnik
- ☐ Chemie
  - ☐ Technische und Makromolekulare Chemie
  - ☐ Textil- und Bekleidungstechnologie
  - ☐ Bio- und Lebensmitteltechnologie
- ☐ Mess- und Informationssysteme
  - ☐ Mess- und Sensorsysteme, Mikrosysteme
  - ☐ Informations- und Automatisierungstechnik

Ihr fachlicher Hintergrund:

Ihr beruflicher Hintergrund:

- ○ Projektträger
- ○ Unternehmen
- ○ Forschungseinrichtung
- ○ Sonstige

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

20%

Persönliche Angaben

Themenschwerpunkt der ZIM-Gutachtertätigkeit
(Mehrfachnennungen möglich)

- □ Produktionstechnologien
- □ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- □ IuK-Technologien
- □ Werkstofftechnologien
- □ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- □ Bautechnologien
- □ Umwelttechnologien
- □ Biotechnologien
- □ Energietechnologien
- □ Optische Technologien
- □ Textilforschung
- □ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- □ Mikrosystemtechnik
- □ Sicherheitstechnologien
- □ Nanotechnologien
- □ Sonstige Technologien:

Ihr fachlicher Hintergrund:

Ihr beruflicher Hintergrund:

- ○ Projektträger
- ○ Unternehmen
- ○ Forschungseinrichtung
- ○ Sonstige

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

26%

Trends der letzten 5 Jahre

Bitte benennen Sie nachfolgend die 3 bis max. 5 zentralen Technologietrends in den von Ihnen begutachteten Projektanträgen der letzten 5 Jahre.

1. Trend:
2. Trend:
3. Trend:
4. Trend *(optional)*:
5. Trend *(optional)*:

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

33%

Trends der letzten 5 Jahre

Trend 1: Trend 1

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Der Trend war mir durch vermehrte Anträge zuerst aufgefallen im Jahr: -- Bitte wählen --

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für diesen Trend?
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Eher technologische Auslöser (z.B. Materialentwicklung):
- ☐ Eher durch neue Bedarfe ausgelöst (z.B. Demographie, neue Kundenbedürfnisse):
- ☐ Andere Auslöser (z.B. neue Gesetze, Politikwechsel wie Energiewende):

Wie würden Sie den Trendverlauf seit diesem Datum beschreiben:

- ○ Schnell ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Langsam ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Gleichbleibend hohe Zahl von Anträgen
- ○ Wieder abnehmende Zahl von Anträgen

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Faktoren, die Einfluss auf den von Ihnen beschriebenen Trendverlauf hatten:

In welchem Verhältnis steht der von Ihnen beschriebene, in den begutachteten Anträgen zu beobachtende Trend zu der Diskussion innerhalb der Fachcommunity?

- ☐ Die Trends traten früher als in der allgemeinen Diskussion der Fachcommunity auf (Projekte als **Trendsetter**)
- ☐ Die Trends liefen parallel zu Trends innerhalb der Branche (Projekte als **Trendbegleiter**)
- ☐ Die Trends traten mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends auf und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten aus (Projekte als **Trendnutzer**)

Wird der beschriebene Trend auch in der breiteren Öffentlichkeit diskutiert (z.B. Tagespresse, politische Debatte, Publikumsveranstaltungen)?

- ○ Nein, so gut wie gar nicht
- ○ Die öffentliche Debatte hat thematische Berührungspunkte, trifft den Trend aber nicht gut
- ○ Ja, bevor er mir in der Begutachtung auffiel
- ○ Ja, nachdem er mir in der Begutachtung auffiel

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

40%

Trends der letzten 5 Jahre

Trend 2: Trend 2

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Der Trend war mir durch vermehrte Anträge zuerst aufgefallen im Jahr: -- Bitte wählen --

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für diesen Trend?
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Eher technologische Auslöser (z.B. Materialentwicklung):
- ☐ Eher durch neue Bedarfe ausgelöst (z.B. Demographie, neue Kundenbedürfnisse):
- ☐ Andere Auslöser (z.B. neue Gesetze, Politikwechsel wie Energiewende):

Wie würden Sie den Trendverlauf seit diesem Datum beschreiben:

- ○ Schnell ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Langsam ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Gleichbleibend hohe Zahl von Anträgen
- ○ Wieder abnehmende Zahl von Anträgen

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Faktoren, die Einfluss auf den von Ihnen beschriebenen Trendverlauf hatten:

In welchem Verhältnis steht der von Ihnen beschriebene, in den begutachteten Anträgen zu beobachtende Trend zu der Diskussion innerhalb der Fachcommunity?

- ☐ Die Trends traten früher als in der allgemeinen Diskussion der Fachcommunity auf (Projekte als **Trendsetter**)
- ☐ Die Trends liefen parallel zu Trends innerhalb der Branche (Projekte als **Trendbegleiter**)
- ☐ Die Trends traten mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends auf und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten aus (Projekte als **Trendnutzer**)

Wird der beschriebene Trend auch in der breiteren Öffentlichkeit diskutiert (z.B. Tagespresse, politische Debatte, Publikumsveranstaltungen)?

- ○ Nein, so gut wie gar nicht
- ○ Die öffentliche Debatte hat thematische Berührungspunkte, trifft den Trend aber nicht gut
- ○ Ja, bevor er mir in der Begutachtung auffiel
- ○ Ja, nachdem er mir in der Begutachtung auffiel

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

46%

Trends der letzten 5 Jahre

Trend 3: Trend 3

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Der Trend war mir durch vermehrte Anträge zuerst aufgefallen im Jahr: -- Bitte wählen --

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für diesen Trend?
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Eher technologische Auslöser (z.B. Materialentwicklung):
- ☐ Eher durch neue Bedarfe ausgelöst (z.B. Demographie, neue Kundenbedürfnisse):
- ☐ Andere Auslöser (z.B. neue Gesetze, Politikwechsel wie Energiewende):

Wie würden Sie den Trendverlauf seit diesem Datum beschreiben:

- ○ Schnell ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Langsam ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Gleichbleibend hohe Zahl von Anträgen
- ○ Wieder abnehmende Zahl von Anträgen

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Faktoren, die Einfluss auf den von Ihnen beschriebenen Trendverlauf hatten:

In welchem Verhältnis steht der von Ihnen beschriebene, in den begutachteten Anträgen zu beobachtende Trend zu der Diskussion innerhalb der Fachcommunity?

- ☐ Die Trends traten früher als in der allgemeinen Diskussion der Fachcommunity auf (Projekte als **Trendsetter**)
- ☐ Die Trends liefen parallel zu Trends innerhalb der Branche (Projekte als **Trendbegleiter**)
- ☐ Die Trends traten mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends auf und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten aus (Projekte als **Trendnutzer**)

Wird der beschriebene Trend auch in der breiteren Öffentlichkeit diskutiert (z.B. Tagespresse, politische Debatte, Publikumsveranstaltungen)?

- ○ Nein, so gut wie gar nicht
- ○ Die öffentliche Debatte hat thematische Berührungspunkte, trifft den Trend aber nicht gut
- ○ Ja, bevor er mir in der Begutachtung auffiel
- ○ Ja, nachdem er mir in der Begutachtung auffiel

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

53%

Trends der letzten 5 Jahre

Trend 4: Trend 4

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Der Trend war mir durch vermehrte Anträge zuerst aufgefallen im Jahr: -- Bitte wählen --

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für diesen Trend?
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Eher technologische Auslöser (z.B. Materialentwicklung):
- ☐ Eher durch neue Bedarfe ausgelöst (z.B. Demographie, neue Kundenbedürfnisse):
- ☐ Andere Auslöser (z.B. neue Gesetze, Politikwechsel wie Energiewende):

Wie würden Sie den Trendverlauf seit diesem Datum beschreiben:

- ○ Schnell ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Langsam ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Gleichbleibend hohe Zahl von Anträgen
- ○ Wieder abnehmende Zahl von Anträgen

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Faktoren, die Einfluss auf den von Ihnen beschriebenen Trendverlauf hatten:

In welchem Verhältnis steht der von Ihnen beschriebene, in den begutachteten Anträgen zu beobachtende Trend zu der Diskussion innerhalb der Fachcommunity?

- ☐ Die Trends traten früher als in der allgemeinen Diskussion der Fachcommunity auf (Projekte als **Trendsetter**)
- ☐ Die Trends liefen parallel zu Trends innerhalb der Branche (Projekte als **Trendbegleiter**)
- ☐ Die Trends traten mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends auf und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten aus (Projekte als **Trendnutzer**)

Wird der beschriebene Trend auch in der breiteren Öffentlichkeit diskutiert (z.B. Tagespresse, politische Debatte, Publikumsveranstaltungen)?

- ○ Nein, so gut wie gar nicht
- ○ Die öffentliche Debatte hat thematische Berührungspunkte, trifft den Trend aber nicht gut
- ○ Ja, bevor er mir in der Begutachtung auffiel
- ○ Ja, nachdem er mir in der Begutachtung auffiel

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

60%

Trends der letzten 5 Jahre

Trend 5: Trend 5

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- □ Produktionstechnologien
- □ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- □ IuK-Technologien
- □ Werkstofftechnologien
- □ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- □ Bautechnologien
- □ Umwelttechnologien
- □ Biotechnologien
- □ Energietechnologien
- □ Optische Technologien
- □ Textilforschung
- □ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- □ Mikrosystemtechnik
- □ Sicherheitstechnologien
- □ Nanotechnologien
- □ Chemie
- □ Sonstige Technologien
- □ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Der Trend war mir durch vermehrte Anträge zuerst aufgefallen im Jahr: -- Bitte wählen --

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Auslöser für diesen Trend?
(Mehrfachantworten möglich)

- □ Eher technologische Auslöser (z.B. Materialentwicklung):
- □ Eher durch neue Bedarfe ausgelöst (z.B. Demographie, neue Kundenbedürfnisse):
- □ Andere Auslöser (z.B. neue Gesetze, Politikwechsel wie Energiewende):

Wie würden Sie den Trendverlauf seit diesem Datum beschreiben:

- ○ Schnell ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Langsam ansteigende Zahl von Anträgen
- ○ Gleichbleibend hohe Zahl von Anträgen
- ○ Wieder abnehmende Zahl von Anträgen

Was waren Ihrer Einschätzung nach zentrale Faktoren, die Einfluss auf den von Ihnen beschriebenen Trendverlauf hatten:

In welchem Verhältnis steht der von Ihnen beschriebene, in den begutachteten Anträgen zu beobachtende Trend zu der Diskussion innerhalb der Fachcommunity?

- □ Die Trends traten früher als in der allgemeinen Diskussion der Fachcommunity auf (Projekte als **Trendsetter**)
- □ Die Trends liefen parallel zu Trends innerhalb der Branche (Projekte als **Trendbegleiter**)
- □ Die Trends traten mit zeitlicher Verzögerung zu neuen technologischen Trends auf und zeichneten sich durch verstärkte oder neuartige Verwertungsmöglichkeiten aus (Projekte als **Trendnutzer**)

Wird der beschriebene Trend auch in der breiteren Öffentlichkeit diskutiert (z.B. Tagespresse, politische Debatte, Publikumsveranstaltungen)?

- ○ Nein, so gut wie gar nicht
- ○ Die öffentliche Debatte hat thematische Berührungspunkte, trifft den Trend aber nicht gut
- ○ Ja, bevor er mir in der Begutachtung auffiel
- ○ Ja, nachdem er mir in der Begutachtung auffiel

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

66%

Aktuelle Trends

Bitte benennen Sie nachfolgend 1-3 technologische Themen, denen Sie auf Grundlage der Anträge aus den letzten 12 Monaten ein hohes Trendpotenzial zutrauen.

1. Trend:
2. Trend:
3. Trend:

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

73%

Aktuelle Trends

Trend 1: Trend 1

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

80%

Aktuelle Trends

Trend 2: Trend 2

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

86%

Aktuelle Trends

Trend 3: Trend 3

Technologie-/Themenfeld
(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Produktionstechnologien
- ☐ Elektrotechnik, Messtechnik, Sensorik
- ☐ IuK-Technologien
- ☐ Werkstofftechnologien
- ☐ Gesundheitsforschung, Medizintechnik
- ☐ Bautechnologien
- ☐ Umwelttechnologien
- ☐ Biotechnologien
- ☐ Energietechnologien
- ☐ Optische Technologien
- ☐ Textilforschung
- ☐ Fahrzeug- und Verkehrstechnologien
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Sicherheitstechnologien
- ☐ Nanotechnologien
- ☐ Chemie
- ☐ Sonstige Technologien
- ☐ Betriebswirtschaft und Organisation

Teilbereich

Anwendungsfeld (z.B. Mobilität, Produktion, Pflege):

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

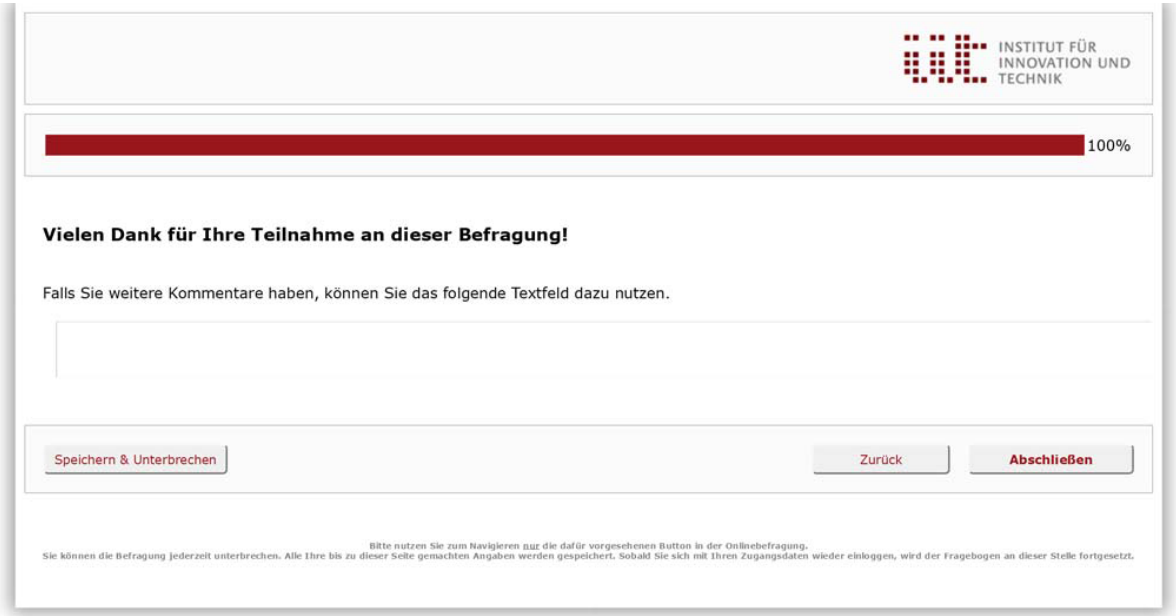
93%

Übergreifende Einschätzung

Sehen Sie spezifische Vor- und/oder Nachteile der technologieoffenen Förderung im Kontext der Entwicklung und Ausbreitung neuer Technologien?

Speichern & Unterbrechen | Zurück | **Weiter**

Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.


INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK
100%
Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Befragung!
Falls Sie weitere Kommentare haben, können Sie das folgende Textfeld dazu nutzen.
Speichern & Unterbrechen
Zurück
Abschließen
Bitte nutzen Sie zum Navigieren nur die dafür vorgesehenen Button in der Onlinebefragung.
Sie können die Befragung jederzeit unterbrechen. Alle Ihre bis zu dieser Seite gemachten Angaben werden gespeichert. Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten wieder einloggen, wird der Fragebogen an dieser Stelle fortgesetzt.

6.4 Beispieltabelle: Trends im Bereich Automatisierung / Industrie 4.0 für ZIM

	Trend	Teilbereich	Anwendungsfeld	Aus-löser	Technologischer Auslöser	Auslöser auf Bedarfsseite	weitere Auslöser	Dyna-mik	Einflussfaktoren auf Dynamik	Trendtyp
o.J.	flexible, kollaborative low cost Robotik-lösungen für KMU									
	Automatisierung (nahezu aller Wertschöpfungs-prozesse)			T / B / A	Neue technolog. Möglichkeiten, z. B KI	Nicht immer rationaler Bedarf, i. S. v. "erzeugtem" Bedarf	Gewinninteresse Ausbau Markt-position, Erschließung neuer Markt-segmente	⇘	Bei weitgehend gesättigten Märkten: Wachstum und Gewinn oft nur über Innovationen und Kostensenkung (durch Automation) möglich	
2012	Automatisierung		Produktion	T / B / A				⇧		T-Begleiter
	Automatisierung	allg. Maschinenbau	Werkzeug- und Baumaschinen	T / B	Neue Konzepte, Material-entwicklung	Neue Kunden-bedürfnisse		⇨		T-Begleiter
	Automatisierung	Medizintechnik, Bioreaktortechnik, Lebensmittel-produktion	Produktion, Verfahrenstechnik, Überwachung	B		Einsparung Human-ressourcen, Effizienz-steigerung		⇨	Neue Datenauswertung-Technik, Weiterentwick-lung Sensorik, Wunsch nach Objektivierbarkeit	T-Begleiter
	Smart Systems		Medizintechnik, Produktionstechnik, Automotive, Logistik, Sicherheitstechnik und IuK-Techniken	T / B	integrierbare Sensoren, hohe Rechenleistung in einzelnen Geräten	Nachfrage		⇗	Weiterentwicklung der technologischen Auslöser mit entsprechend starker Nachfrage	T-Setter
	Industrie 4.0		Industrie	T / B	Verfügbarkeit entsprechender Hardware usw.	Enormes Nachfrage-interesse		⇧	Hohe Nachfrage	T-Setter
2013	Industrie 4.0		Produktion	T	Automatisierung, Vernetzung			⇧	Verstärkte Automati-sierung zur Vernetzung von Produktionsprozessen	T-Begleiter
	Industrie 4.0			A			Starker politgetriebener Trendbegriff	⇧	Hohes politisches Interesse	T-Begleiter
2014	Robotergesteuerte Prozess-automatisierung			T / B	Machbarkeits-Konzepte	Effizienznachfrage, Entlastung von Mitarbeitern (gefährliche Prozessen)		⇨	Unveränderliche Anforderungen / bestehende "Auslöser"	T-Begleiter
	Industrie 4.0.		Sensorenvernetzung, Anlagensteuerung, intell. Speichernutzung	B / A		Kundeninteresse	Kostenreduktion	⇗	Wachsende Relevanz Industrie 4.0 und	T-Nutzer
2015	Automatisierung, Industrie 4.0	Anlagensteuerung, -überwachung, -Dokumentation	Produktion, Wartung	B / A				⇧	Anlagenverfügbarkeit und Kostenoptimierung	T-Begleiter

	Trend	Teilbereich	Anwendungsfeld	Aus-löser	Technologischer Auslöser	Auslöser auf Bedarfsseite	weitere Auslöser	Dyna-mik	Einflussfaktoren auf Dynamik	Trendtyp
	Industrie 4.0	Netzwerkanbindung von Maschinen	Produktion	B / A		Produktions-optimierung	Politikwechsel	⇗	Politik (Digitalisierung), Rationalisierung	T-Begleiter
	Industrie 4.0	Vernetzte Produktion / Industrie 4.0	Produktion	T / B	Fortschreitende Digitalisierung	Produktindi-vidualisierung		⇧	Potenzial vernetzte Produktionssysteme	T-Begleiter
2016	Automatisierung		Fertigung/ Produktion in versch. Branchen	T / B	Embedded-Computer und Vernetzung	Losgröße 1) in Smart Factory		⇗	Automatisierung zur Kosteneffizienz und Reproduzierbarkeit	T-Begleiter
	Industrie 4.0	Automatisierung, Supply Chain Management	Branchen-übergreifend	T / B	Embedded-Computer und Vernetzung	Dezentrale und globale Fertigung, globale		⇧	Dezentralisierung der Fertigung/Produktion.	T-Setter
	Industrie 4.0		Produktion	B		flexiblerer Produktion		⇗	Bedarf an flexiblerer Produktion	T-Nutzer
	Automatisierung	allg. Fortschritt	Produktion, Verar-beitung, Messtechnik							
	Automatisierung (Kunststofffertigung)									
	Mensch-Roboter-Kooperation									
	Modulare intelligente Robotersysteme		Produktion							
2017	Intelligente Prozesssteuerung Intelligente Fabrik									
	Industrie 4.0		Produktion							
	Industrie 4.0	Netzwerk-komponenten	Vernetze Maschinen mit Intra- und Internet							
	Industrie 4.0		Anlagenbau Fahrzeugtechnik							
	Industrie 4.0 Predictive Maintenance	Energieeffizienz, USV (Versorgungs-sicherheit), Mobilität	erneuerbare Energien, Prozess-sicherheit							
	Internet of Things		Produktion							

(T = technologische Auslöser; B = neue Bedarfe; A = andere Auslöser / T-Setter = Trendsetter, T-Begleiter = Trendbegleiter, T-Nutzer = Trendnutzer)

6.5 ZIM-Trendnennungen der letzten 5 Jahre[6]

1	Bezahlbare, flexible, kollaborative low cost Robotiklösungen für KMU	20	Building Information Modeling (BIM)	39	Energieeffizienz in Gebäudehüllen	58	Nutzenergiegewinnung aus Biomasse und Abfällen
2	Automatisierung	21	Biobasierte Produktentwicklungen	40	Energieeffizienz von Apparate / Anlagen	59	Nutzung von Abwärme aus Produktion und BHKW
3	Automatisierung	22	Biosynthese	41	Energiemanagement im Gebäudebereich	60	Energiespeicher
4	Automatisierung	23	Entwicklung regenarativer Biomaterialien	42	Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Fertigungsverfahren und -anlagen	61	Energiespeicherung (elektrisch, chemisch, thermisch)
5	Automatisierungslösungen Industrie 4.0	24	Fermentation ligninhaltiger Rohstoffe (z.B. Biokraftstoffe der 2. Generation)	43	Geringer Energieverbrauch	62	Induktive Energie- und Informationsübertragung
6	Automatisierungstechnik	25	Funktionelle Lebensmittel	44	Industrielle Abwärmenutzung	63	Skalierbare Batteriespeicher für Systemdienstleistungen
7	Robotergesteuerte Prozessautomatisierung	26	Intelligenter Zusammenschluss von Energieerzeugern und Verbrauchern	45	Ressourceneffizienz und Energieeinsparung	64	Speicher elektrischer Energie (Lithium, Zink-Sauerstoff)
8	Weiter zunehmende Automatisierung wertschöpfungsrelevanten Prozesse	27	Phosphorsäurebrennstoffzellen (auch: PAFC, Mitteltemperatur-Brennstoffzelle)	46	Baugruppenoptimierung Brennstoffzellensysteme	65	Speichertechnologien
9	Smart Systems	28	Power to X	47	Brennstoffzellentechnik	66	Speichertechnologien (thermisch & elektrisch)
10	Industrie 4.0	29	Range Extender	48	Dezentrale Energieerzeugung	67	Qualitätverbesserung additiv gefertigter metallischer Bauteile
11	Industrie 4.0	30	Reaktordesign und Anlagenbau	49	Dezentrale Energieversorgung	68	Festigkeitssteigerungen im Kunststoff-3D-Druck
12	Industrie 4.0	31	Redox-Flow-Batterien als Stromspeicher	50	Effiziente Energieerzeugung, -bereitstellung und -verteilung mit neuer Sensortechnik	69	Stärkere 3D-Konstruktionen unter Minimierung von Energieverbrauch und Erhöhung der Effizienz
13	Industrie 4.0	32	Sektorenkopplung	51	Solarenergie in Haustechnikanlagen	70	additive Fertigung
14	Industrie 4.0	33	Smart Grid	52	Energiewende	71	Additive Fertigung
15	Industrie 4.0	34	Linksläufiger thermodynamischer Prozesse	53	Prozess- und Abwärmenutzung	72	Additive Verfahren
16	Industrie 4.0	35	Energie- und Ressourcen-Effizienz	54	Niedertemperaturwärmenetze	73	Flexibilisierung von Fertigungssystemen (für Losgröße 1 bis x)
17	Industrie 4.0.	36	Energie-, Ressourcen- und Zeiteffizienz in Produktionsabläufen	55	Kaskadennutzung Biomasse / organische Reststoffe	74	Generative Fertigung mit drahtförmigem Zusatzwerkstoff
18	BIM	37	Energieeffiziente aktive Fassadenelemente	56	Energetische Verwertung von Biomasse	75	Herstellungsverfahren (Spritzgießen)
19	Building Information Modelling	38	Energieeffizienz	57	Effizienz von Biomasseanlagen	76	individuelle Fertigung

[6] Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wurde an dieser Stelle auf eine Bereinigung um Dopplungen und ähnliche Nennungen verzichtet. An anderer Stelle der Studie wurden ähnliche Trendnennungen zusammengefasst (siehe S.12).

77	Intelligente Fertigung	98	Medizinische Assistenzsysteme	119	Green-IT	140	Digitalisierung und Vernetzung
78	Methoden der additiven Fertigung	99	Patienten-spezifische Entwicklungen	120	Integration modernster Simulationstechniken in komplexe Bearbeitungsaufgaben	141	Digitalisierung von Produktionsprozessen
79	3 D Druck	100	Individualisierte (biomarkerbasierte) Medizin	121	Mobile Anwendungen	142	Internet of Things (IoT)
80	3D-Druck	101	Personalisierte Medizin	122	Netzwerktechnologien	143	Vernetzung von Maschinen und Anlagen
81	3D-Druck/Rapid Prototyping zur Herstellung von Musterbauteilen für Medizin und Biotechnologien	102	personalisierte Medizin	123	Prozessüberwachung	144	Deep Learning
82	Einsatz von generativen Verfahren (z. B. 3D-Druck)	103	Personalisierte Medizin	124	Simulation	145	Deep Learning / AI
83	Additiver Fertigungssysteme (3D-Druck)	104	Personalisierte Medizin	125	Augmented Reality	146	Intelligente Systeme
84	Generative Fertigung / 3D-Druck	105	Personalisierte Medizin	126	Augmented Reality	147	KI
85	Hybride Fertigung (3D-Druck mit Zerspanung)	106	Personalisierte Medizin	127	Augmented Reality durch Smart Glasses	148	Künstliche Intelligenz
86	Modellsysteme	107	Sensorsysteme für personalisierte Diagnostik und Therapie	128	Augmented und Virtual Reality	149	Künstliche Intelligenz
87	"wearebles"	108	POC Diagnostik, Schnelltests	129	Big Data	150	Künstliche Intelligenz, Deep Learning
88	eHealth, mHealth, Fernunterstützung von Patienten inkl. Datenschutz	109	POC-Diagnostik	130	Big Data	151	Machine Learning
89	mHealth	110	Point of care	131	Big Data	152	Maschinelles Lernen
90	Ersatzgewebe	111	Point of Care Diagnostik	132	Big Data	153	Nutzung von Machine Learning/Neuronalen Netzen
91	Funktionelle Bildgebung in der Diagnostik	112	Point-of-care Diagnostik	133	Datenanalysen	154	Selbstlernende Algorithmen für Datenanalyse
92	Implantate/Prothesen - Neue Materialien, Materialbearbeitung	113	Point-of-Care-Tests	134	Datenanalysen / Business Intelligence	155	(Industrielle) IT-Sicherheitslösungen
93	Medizinische Werkzeuge zur Unterstützung chirurgischer Eingriffe	114	Schnelltests	135	Cloud Computing	156	IT-Sicherheit
94	Minimalinvasive Systeme	115	Schnelltests im Bereich der POC-Diagnostik	136	Cloud Dienste (Anwendungen, für die man eigentlich keine Cloud braucht)	157	IT-Sicherheit
95	Modellsysteme (z.B. Gewebe- und Organmodelle) für die Pharmaforschung	116	3D-Applikationen	137	Cloud-Anwendungen	158	neue Sicherheitsdienstleistungen
96	Angetriebene Orthesen und Prothesen	117	Bildanalysen zur Überwachung / Nachverfolgung	138	Digitalisierung	159	Sicherheit
97	Quantifizierung/Automatisierung Medizintechnik	118	Externalisieren von Programmiertätigkeiten	139	Digitalisierung	160	Automatisierung von Messtechnik oder Produktionsprozessen

161	Berührungslose (Komplett-) Oberflächenvermessung	178	Ressourceneffizienz	195	Funktionalisierung von Oberflächen	212	Funktionalisierte Textilien
162	Condition-Monitoring-Systeme	179	Ressourceneffizienz	196	Generelle Strukturverkleinerung	213	Smart textiles
163	Fernüberwachung, Drohnenüberwachung von Windkraftanlagen und Solarparks	180	Ressourceneffizienz	197	Inertiale Navigation in Wearables	214	Smart Textiles
164	Hochdruck-Elektrolyseure zur Erzeugung von Wasserstoff (Power to Gas)	181	Ressourceneffizienz in der Produktionstechnik	198	Innovative Entwicklung innerhalb von Branchen	215	Technische Textilien
165	Infrarotsensorik (NIR) zur in-line Prozesskontrolle / Qualitätsüberwachung	182	Ressourcenrückgewinnung	199	Modellgestützte verfahrenstechnische Entwicklungen	216	Technische Textilien
166	Messanwendungen mit unbemannten Flugsystemen (Drohnen)	183	Branchenunübliche Technologien (Plasma, HPP, Stoßwellen, Nanotechnologie, Radiofrequenz, photodynam. Entkeimung)	200	Navigationssysteme für geschlossene Objekte	217	Textil
167	Messtechnik	184	Laser / Kurzpulslaser	201	Neue Konzepte zur Klimatisierung, Kühlung und Kältebereitsellung	218	Abwasseraufbereitung
168	Spektroskopische Methoden	185	Mikroplasmaschweißen	202	Nutzung der LED-Technologie	219	Ersatzrohstoffe, nachhaltige Materialien
169	Monitoring von dezentraler technischer Infrastruktur	186	Plasmatechnik	203	Produkt- und Verfahrensentwicklung nach Vorgabe der Kunden	220	Filtertechnologie (Wasser, Luft)
170	Optische Messtechnik/Sensorik	187	Widerstandspunktschweißen mit Kurzimpuls	204	Produkt-Sicherheitsmerkmale	221	Mikrofiltrationstechnik Luft / Wasser
171	Optische Technologien / Spektroskopie	188	Aktive, intelligente Verpackungen	205	Röntgenstrahlung / Teilchenstrahlung	222	Nachhaltigkeit
172	Sensorik für neue Anwendungsbereiche	189	Anforderungsgerechte Auslegung von Werkzeugen	206	Sensor- und Modellbasierte adaptive Regelungsysteme für Anlagen- und Maschinenensteuerungen	223	Prozess- und Abwasserreinigung
173	Ultraschallbasierte Messverfahren	190	Digitalisierung in der Landwirtschaft (precision farming, Einzeltierüberwachung mittels Sensoren...)	207	Stärkere Verknüpfung zwischen optischen und elektrischen Komponenten	224	Prozess- und Abwasserreinigungstechnologien und Verfahren
174	Nanopartikel	191	Dreidimensionale Elektronik	208	Terahertz-Detektionssysteme	225	Resistente Nutz- und Zierpflanzen mit verbesserten Eigenschaften
175	Nanotechnologie	192	Entwicklung von schadstofffreien chemischen Verfahren	209	Transpondertechnologie	226	Stadtbegrünungstechnologie
176	Energie- / Ressourceneffizienz im Maschinenbau	193	Entwicklungen für spezielle Verbrauchergruppen	210	Virtualisierung von Entwicklungs-, Inspektion,- Prüf-, Produktionsprozessen	227	Technologie zur Bodenerosionsminderung, Bodenbefestigung
177	Material- und Energieeffizienz	194	Ersatz toxischer Stoffe	211	Bekannte Produktionstechnologien mit neuen Materialien nutzen	228	Umwelt

229	Umwelt- und Sicherheitstechnologien	241	Chromfreie Beschichtungen	253	Werkstoffentwicklung	265	Leichtbau
230	Umweltschonung	242	Einsatz neuer Werkstoffe	254	Alternative Bewehrungen für Betone	266	Leichtbau
231	Umwelttechnische Dekontamination mit Ozon	243	Entwicklung verschleißbeständiger Materialien und Beschichtungen	255	Alternative Bindemittel für Beton / Asphalt	267	Leichtbau
232	Produktentwicklung für effektiveres Recycling	244	Funktionelle Oberflächen und Schichten	256	UHPC - Ultra High Performance Concrete	268	Leichtbau
233	Recycling von Faserverbundwerkstoffen	245	Holz-/Kunstoffverbund	257	Hybride Materialien	269	Leichtbau
234	Recyclingprozesse	246	Kunststoff	258	Verbundwerkstoffe	270	Leichtbau
235	Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen	247	multifunktionale Beschichtungen	259	Fahrzeugtechnik	271	Leichtbau (Herstellung von neuen bzw. verbesserten Werkstoffen für den Leichtbau)
236	Stoffliches bzw. farbgetreues Kunststoff-Recycling	248	Nachhaltige Werkstoffe	260	Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen	272	Leichtbautechnologie
237	Elektromobilität	249	Neue lignocellulosehaltige Roh- und Werkstoffe (Palmen, Bambus ...)	261	Faserverbundwerkstoffe	273	Leichtbautechnologien
238	Mikromobilität (E-Fahrzeuge für kurze Strecken)	250	Oberflächenbearbeitung	262	Faserverstärkte Kunststoffe	274	Leichtwerkstoffe
239	Mobilität	251	Substitution von Stahlseilkonstruktionen durch Kunstfaserseile	263	Einsatz von Verbundmaterialien zwecks Leichtbau		
240	Beschichtungen	252	Umformtechnik Kunststoffe	264	Entwicklung von Verbundmaterialien in Richtung Leichtbau		

6.6 ZIM-Themen mit Trendpotenzial der letzten 12 Monate[7]

1	Automatisierung	19	Generative (Additive Fertigung)	37	Materialentwicklungen, Alternativmaterialien, Substitutionen	55	Multifunktionsfassadensysteme
2	Automatisierung in der Kunststoffteilherstellung	20	Generative Fertigung / 3D-Druck	38	Mikroplastik	56	Alternative Energiesysteme
3	Mensch-Roboter-Kooperation	21	Hybride Fertigung	39	Neue Werkstofftechnologien	57	Dezentrale Energieerzeugung
4	Modulare intelligente Robotersysteme	22	Kostenoptimierte Produktionsverfahren	40	Oberflächenbearbeitung	58	Dezentrale Energieversorgung
5	Prozessoptimierung/-anpassung durch intelligente Regelung in Echtzeit	23	Vollautomatische Fertigung	41	Oberflächenfunktionalisierung und -analyse	59	Hybride Energiesysteme
6	Industrie 4.0	24	Weiterentwicklung 3D-Druck Verfahren für metallische und gemischte Bauteile	42	Oberflächentechnologien	60	Netzdienliches Verhalten von Stromerzeugern und Verbrauchern
7	Industrie 4.0	25	Additive Fertigung von Medizinprodukten (patientenspezifische Implantate)	43	Umformtechnik Kunststoffe	61	Sektorenkopplung (zellulärer Ansatz)
8	Industrie 4.0	26	Erhöhung des Wirkungsgrades unter Minimierung des Aufwandes	44	Werkstofftechnologie	62	Steuerungselektronik für Sektorenkopplung
9	Industrie 4.0 Predictive Maintenance	27	Materialeffizienz	45	Werkstofftechnologien/Materialentwicklung	63	Energieeffizienz
10	Internet of Things	28	Ressorcen- und Energieeffizienz	46	Leichtbau	64	Energieeffizienz
11	Monitoring von dezentraler technischer Infrastruktur	29	Wandel in der Rohstoffversorgung	47	Leichtbau	65	Energieeinsparung
12	Predictive Maintenance	30	Kurzpulslaser	48	Leichtbau	66	Energieoptimierte Verfahren
13	Predictive Maintenance	31	Lasermaterialbearbeitung	49	Leichtbau	67	Energiespeicher
14	Vorhersagemodelle (z. B. predictive maintenance)	32	Lasertechnologie	50	Leichtbautechnologien	68	Energiespeicher
15	Condition Monitoring	33	Steigerung der Eigenschaften von faseroptischen Lasersystemen	51	Weiterentwicklung von Leichtstrukturen für die Luft- und Raumfahrt	69	Energiespeicherung (elektrisch, chemisch, thermisch)
16	Additive Fertigung	34	Funktionale Oberflächen und Werkstoffe	52	BIM	70	Leichte Energiespeichern mit hoher Ladungsdichte
17	Additive Fertigung	35	Konstruktiver Holzbau	53	BIM	71	Speichertechnologien
18	Verwendung von 3D-Druck	36	Kunststoffbearbeitung	54	Geotextil verstärkte Baustoffe	72	Adulte Stammzell-Technologien

[7] Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wurde an dieser Stelle auf eine Bereinigung um Dopplungen und ähnliche Nennungen verzichtet. An anderer Stelle der Studie wurden ähnliche Trendnennungen zusammengefasst (siehe S.12).

73	Biosensoren	93	Telemedizin	113	Data Integration Hubs	133	Funktionalisierte Textilien
74	Funktionelle Genetik	94	Pflanzliche Proteine	114	Datenanalysen	134	Intelligente Textilien
75	LED-basierte Photoreaktoren	95	Vegane Lebensmittel	115	Digitalierueng von Produktionsprozessen	135	Textilreinigung Energieeinsparung neue Machinenkonzepte
76	Automatisierte Bilddiagnostik	96	Vegane Lebensmittel	116	Digitalisierung/Vernetzung	136	Textiltechnik
77	Automatisierte Datenauswertung	97	Verfahren zur optimierten Aufarbeitung von Lebensmittelrohstoffen	117	nahezu lückenlose Durchdigitalisierung sämtlicher Bereiche kollektiven und individuellen Lebens	137	Biozidfreie Abwasseraufbereitung
78	Big Data-Analysen zur Entwicklung neuer Therapien	98	POC-Diagnostik	118	automatische Textauswertung	138	Bodenschutz
79	Digitalisierung in der Medizin	99	POC-Diagnostik	119	KI	139	Fassadenbegrünungen
80	Gedruckte individualisierte Implantate u. Orthesen	100	Point of care	120	Künstliche Intelligenz	140	Feinstaubbekämpfung
81	Künstliche Intelligenz für medizinischer Therapien	101	point of care-Diagnostik	121	Deep Learning	141	Herstellung, Bearbeitung, Recycling Faserverbundwerkstoffen
82	Medizinische / biologische Schnelltests	102	Blockchain / Smart Contracts	122	Künstliche Intelligenz	142	Ökologische Stadtentwicklung
83	Medizintechnik	103	Blockchain-Technologie	123	IT-Sicherheit	143	Prozess- und Abwasserreinigung
84	Nanopartikel in medizinischen Diagnostik / als Wirkstoffträger	104	IoT	124	IT-Sicherheit	144	Recycling im Faser-/Kunststoff-Bereich
85	Selbstlernende Systeme für diagnostische Bildauswertung/medizinische Entscheidungsfindung	105	Simulation	125	Sicherheitstechnik	145	Recycling und Wertstoffkreislauf
86	Organtransplantation, künstliche Organe	106	Simulation von Testverfahren	126	Ultrapräzisionstechnik	146	Ressourcenrückgewinnung
87	Personalisierte Implantate	107	Ultrabreitband-Modulation	127	Ultraschalltechnologie	147	Schadstoffabbau durch Pflanzen und Mikroorganismen
88	Personalisierte Medizin	108	Verschlüsselung	128	Verbesserung / Neuentwicklung von Sensorelementen	148	Selektive nichtkatalytische Reduktion zur Rauchgasentstickung
89	portable medizinische Diagnostiksysteme	109	Wearables	129	Nanotechnologie	149	Systeme zur Abgasreinigung
90	Quantitative Diagnostik auf proteomischer/genomischer Ebene	110	Anwendungen der Augmented-Reality	130	Nanotechnologie	150	Umwelt
91	Schnelltests	111	Anwendungen der VR-Technologie	131	Abstandsgewirke	151	Vollaufbereitung von Biomasse und organischen Reststoffen
92	Telemedizin	112	Augmented Reality	132	Technischer Textilien in Produktion	152	Autonomes Fahren

153	Autonomes Fahren / Servicerobotik	159	Elektromotorenoptimierung, z.B. der eingesetzten Permanentmagnete und Prüfung der Magnete	165	LPWAN - Low Power Wide Area Network	171	Verbessertes Regelverhalten von Anlagen durch Nutzung von KI und modellprädiktiver Regelung
154	Elektromobilität	160	Funktionelle Verpackungen für den Warenversand	166	Mikrowellenfügeverfahren	172	Vermaschte Netze
155	Neue Fahrzeugkonzepte	161	Funktionsgerechte Möbel	167	Nachhaltige Depotdüngemittel	173	Vliesstoffentwiclung mit maßgeschneiderten Funktionalitäten
156	Automat. Handling u. Bearbeiten von Faserverbundwerkstoffen	162	Geräte- und Verfahrensentwicklungen im Zusammenhang mit Craft-Beer-(Hobby-)Brauereien	168	Nutzung von Verdunstungskälte für Kaltwassersätze in Lüftungsanlagen		
157	Effektive Prozeßgestaltung bei gleichzeitiger Minimierung der Abmaße	163	Glasbefestigungen	169	OLED-Technologie		
158	Elektrochemische Prüftechnik für Batteriezellen	164	Kühltechnik für Personen	170	Röntgen- und Teilchenstrahlung		

6.7 IGF-Trendnennungen der letzten 5 Jahre[8]

1	Aktive Schallreduktion	19	Industrie 4.0	37	Wärmedämmung	55	Funktionelle Lebensmittel
2	Geräuschreduktion	20	Industrie 4.0	38	Zement. Alternativen zum Portlandzement (Kompositzemente, Alkaliaktivierte Bindemittel)	56	Herkunftsnachweis von Lebensmitteln
3	Automatisierung	21	Industrie 4.0	39	Bio- anstelle von Erdölchemie	57	Hygiene
4	Automatisierung	22	Industrie 4.0	40	Biologische Messmethoden	58	Membranverfahren zur stofflichen Trennung, Wasseraufbereitung und Energieoptimierung
5	Automatisierung	23	Industrie 4.0	41	Bioprozesssysteme	59	Mikroorganismen und Enzyme zur in situ Erzeugung von funktionalen Inhaltsstoffen
6	Automatisierung	24	Industrie 4.0	42	Biostatistik und Bioinformatik generell	60	Modellierung verfahrenstechnischer Grundvorgänge
7	Automatisierung	25	Industrie 4.0 / Internet of Things	43	Biotechnologien	61	Molekularebiologische Anwendungen
8	Automatisierung für die Stückzahl / Losgröße 1 durch selbstlernende Robotik	26	Industrie 4.0, allerdings noch schwach	44	Einsatz nachwachsender Rohstoffe	62	Neue Anwendungsbereiche für Enzyme
9	Automatisierung und Robotik	27	Kooperierende Roboter	45	Genomforschung und molekulare Marker	63	Nutzung der neuesten Analyseverfahren
10	Produktionsautomatisierung, Datenvernetzung	28	Korrelation schnelle Modellversuche zur realen Anwendung (Industrie 4.0)	46	Innovative chemische Nachweismethoden	64	Optimierung verfahrenstechnischer Produktionsprozesse
11	Entwicklungen im Rahmen von Industrie 4.0	29	Mehr Kommunikation - Aspekte von Industrie 4.0	47	Neue Materialien	65	Proteine, Gewinnung und Weiterverarbeitung
12	Industrie 4.0	30	Einsatz und Verarbeitung hochfester Stähle	48	Neue Materialien in Medizinprodukten	66	Qualitative Verbesserung von Lebensmittelprodukten
13	Industrie 4.0	31	Hybride Strukturen / Verbundkonstruktionen	49	Neue Produktionstechniken zur Werkstoffgenerierung	67	Sicherheit und Authentizität
14	Industrie 4.0	32	Langlebigkeit nachhaltiger Naturwerkstoffe	50	synthetisch-biologische Lösungsansätze	68	Verbesserung der Herstellungsverfahren von Lebensmitteln
15	Industrie 4.0	33	Optimierung der Eigenschaften von Baustoffen, Bauteilen oder Bauwerken	51	Automatisierung von Analysen	69	Verwendung regionaler Rohstoffe; Nachhaltigkeit
16	Industrie 4.0	34	Quantitativen Ermittlung von Einwirkungen	52	Beschreibung von physikalischen Phänomenen in verfahrenstechnischen Prozessen	70	weiße Biotechnologie
17	Industrie 4.0	35	Verbesserung der Baustofftechnologie für Zement	53	Erstellung von Schnellanalysen	71	Hygiene und antimikrobielle Eigenschaften
18	Industrie 4.0	36	Verbesserung des Abbaus, der Aufbereitung und der Verwendung von Mineralstoffen im Bauwesen	54	Fraktionierung von komplexen Proteinen in majore Komponenten	72	Mikro- und Nanofibrillierte Cellulose

[8] Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wurde an dieser Stelle auf eine Bereinigung um Dopplungen und ähnliche Nennungen verzichtet. An anderer Stelle der Studie wurden ähnliche Trendnennungen zusammengefasst (siehe S.12).

73	Mikrofluidische Komponenten/Testträger in Lifescience Anwendungen	90	Energiereduzierung	107	Energieeffiziente Raumluftreinigung	124	Ressourcenschonung,
74	Molekulare Mechanismen der Fettwahrnehmung (neue Geschmacksrezeptoren)	91	Energiewende	108	Energieeinsparung	125	Steigerung der Ressourceneffizienz
75	Neue (kosmetische) Wirkstoffe	92	Energieeffiziente Prozesse in Verfahrenstechnik, Kopplung chemischer / biochemischer Prozesses	109	Alternative Rohstoffe	126	Bleifreie Lötprozesse
76	Spezialisierung	93	Erzeugung, Bearbeitung und Nutzung unkonventioneller Brennstoffe	110	Alternative Rohstoffe	127	Leistungselektronik
77	Substitution kritischer Chemikalien	94	Offshoreanwendungen und Unterwassertechnik	111	CO2 als "Rohstoff"	128	Leistungselektronik
78	Drucktechnologien	95	Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Verfahren / Prozessen	112	Materialeffizienz	129	Leistungselektronik, Antriebstechnik, Batterietechnologien
79	Inkjet-Drucktechnologie	96	Energieeffizienz / Ressourceneffizienz, Regelungstechnik, Datenanalyse / Condition Monitoring	113	Nutzung nachwachsender Rohstoffe	130	Lötverfahren für niedrige Temperaturen
80	Effizienz in der Fertigung	97	Verbesserung der Lebensdauer und Belastungsresistenz von PEM-Brennstoffzellen	114	Optimierung Materialeinsatz	131	Mechatronik
81	Effizienzsteigerung in der Produktion durch Rüstkostenreduzierung und Inlinekontrolle	98	Energie- und Ressourceneffizienz	115	Resourceneffizienz	132	Miniaturisierung
82	Energie und Resourceneinsparung	99	Energieeffiziente Verfahrenstechnik	116	Ressourceneffiziente Produktion	133	Aero-thermo-mechanische Berechnungsverfahren
83	Energieeffizienz	100	Energieeffizienz	117	Ressourceneffizienz	134	Erneuerbare Energiegewinnung
84	Energieeffizienz	101	Energieeffizienz	118	Ressourceneffizienz	135	Gewinnung und Speicherung von elektrischer Energie
85	Energieeinsparung	102	Energieeffizienz	119	Ressourceneffizienz	136	Grundlagenuntersuchung von Lagerschäden und ihrer Ursachen
86	Energieeinsparung	103	Energieeffizienz	120	Ressourceneffizienz	137	Regenerative Energieträger
87	Energieeinsparung	104	Energieeffizienz	121	Ressourceneffizienz	138	Spangebende Feinbearbeitung
88	Energieeinsparung bei der Herstellung von Baustoffen, Bauteilen oder Bauwerken	105	Energieeffizienz technischer Prozesse	122	Ressourceneffizienz, Verkürzung Prozesszeiten; weniger Werkstoffeinsatz	139	Wirtschaftlichkeit von Technologierouten zur Konversion erneuerbarer Rohstoffe
89	Energieeinsparung je Einheit produzierter Ware	106	Energieeffizienzsteigerungen	123	Ressourceneinsparung	140	Verbesserung Produkteigenschaften

141	Verbund-, Hybridprozesse	159	Additive Fertigung	177	Fügetechnik mit Strahltechnik (Laser und Elektronenstrahl)	195	Identifizierungstechnik, RFID
142	Zukunftstechnologien im Energiebereich	160	Additive Fertigung	178	Materialflexible Fügeverfahren	196	Internet of Things
143	Ausbeute- und Effizienzsteigerung bei Herstellung erneuerbarer Sekundärenergieträger	161	Additive Fertigung	179	Niedertemperaturfügeverfahen	197	Intralogistik
144	Aufladung	162	Additive Fertigung	180	Numerische Simulation	198	IOT im Gesamtkontext
145	Batterietechnik	163	Additive Fertigung	181	Prozesssimulation	199	Leistungsfähigkeit (Ethernet-) Kommunikationstechnik (Security, Robustheit, Diagnose)
146	Brennstoffzelle, Batterien	164	Additive Manufacturing	182	Steigende Bedeutung von Modellen zur numerischen Berechnung	200	Neu eLehr- und Lernscensarien / Cloud Bildungsplattformen
147	Brennstoffzellen	165	Generative Fertigung	183	Wärmearme Fügetechnik	201	Neue IT.Lösungen im PLC
148	Brennstoffzellen- / Chemische Energiespeicher, Konversionstechnologie	166	Generative Fertigung / Additive Manufacturing	184	Weiterverarbeitungsverfahren bei Kunststoffen wie Fügeverfahren	202	Proaktive Wartung, Schadenfrüherkennung
149	Brennstoffzellentechnik	167	Generative Verfahren	185	Wettbewerb der Verfahren	203	Programmiertools / -techniken
150	Elektrochemie für Nutzung, Speicherung, Umwandlung erneuerbarer Energien	168	neue Herstellungsprozesse	186	Leichtbau	204	RFID-Technologie
151	Entwicklung Batterieherstellung	169	Additive Fertigungsverfahren in der Verfahrenstechnik	187	Modellierung von Bauteilschädigungen bei der umformenden Fertigung	205	Smart Devices
152	Entwicklung Fertigung von Brennstoffzellen	170	Additive Fertigung	188	Neue Umformverfahren für neue Werkstoffe	206	Software
153	Komplexer werdende Systeme	171	Adhäsive Fügeverfahren	189	Optimierung bestehender Fertigungsverfahren	207	Digitalisierung
154	Speichertechnologien	172	Anwendungsgerechte Fügetechnik)	190	Anwendung Formgedächtnislegierungen	208	Digitalisierung
155	Verbesserung von Lebensdauer / Leistungsfähigkeit Li Ionen-Batterien	173	Automatisierung	191	Medizinprodukte, Prozessoptimierung	209	Digitalisierung
156	Alternative Klebstoffe und Additive	174	Automatisierung	192	Bilderkennung und Phänotypisierung	210	Digitalisierung
157	Fertigungsrelevanz	175	Fügen von Leichtbauwerkstoffen im Multi-Materialmix (Schweißen, Kleben, Fügen)	193	Cyber-Physische-Systeme (IoT)	211	Digitalisierung
158	Hybridisierung der Fertigung	176	Fügetechnik	194	Integration mit digitalen Schnittstellen	212	Künstliche Intelligenz und Maschinenlernen

213	Maschinelles Lernen	229	Neue softwareunterstützte Messverfahren	245	Energieeffizienz	261	Verschleißfestigkeit
214	Maschinelles Lernen	230	Online Messtechnik für Wasch- und Trockenprozesse	246	Mobilität	262	Zunehmend die simulative Betrachtung von Gesamtsystemen anstelle von Teilsystemen
215	Nutzung Data Mining/Künstliche Intelligenz	231	Schwingungsmessungen	247	Systemorientierung	263	Nanolote
216	Sensoren zur Automatisierung von Prozessen (Digitalisierung 4.0)	232	Selbstüberwachung von Sensoren	248	Simulative Bearbeitung biologischer Fragen	264	Nanopartikel
217	Einsatz von Sensoren zur Prozesskontrolle	233	Sensor-Aktor-Integration	249	Verbesserung der Simulation durch Anwendung von detaillierten MKS Modellen	265	Nanotechnologie
218	Einsatz von Sensorik	234	Sensorik bzw. meßtechnische in Situ Erfassung	250	Verbesserung Leistungsdichte und Wirkungsgrad Elektromotor	266	Analytics
219	Erweiterte Messmöglichkeiten	235	Sensorik und Prozessüberwachung, selbstregelnde Fertigungsprozesse	251	Verständnis und Vermeidung von White Etching Cracks and Lagern und Verzahnung	267	Arbeiten in Netzwerken / Arbeit 4.0
220	Funktionalisierung / Sensorik	236	Sensortechnologien	252	Akustische Optimierung	268	Datenstrukturen und Modellbildung
221	Online-Messtechnik als Vorstufe zur Industrie 4.0	237	Silizium-Mikrosensorik	253	Chemisch-physikalische Wechselwirkungen an Oberflächen spielen immer größere Rolle	269	Kooperation
222	In-process Sensorik – Zerstörungsfreie Erfassung Prozessparametern zur verbesserten Prozessregelung	238	Smart Sensors	254	Computergestützte Werkstoff- und Prozessentwicklung	270	Entscheidungsunterstützung durch S/W (IT)
223	Integration der Sensorelektronik	239	Verbesserung von spezieller Messtechnik und Sensorik	255	Downsizing - Steigerung der Beanspruchung bei gleichem Bauraum	271	Globalisierung
224	Integration von Sensoren	240	Datenvernetzung in der Verkehrstechnik	256	Entwicklung von Spezialprüfständen	272	Informationsnetzwerk
225	Integration von Sensoren	241	Elektrifizierung	257	hydraulisch verursachte Verluste werden der Simulation zugänglich	273	Prozessverbesserungen
226	Mehr Funktionenintegration - Integrierte Sensorik	242	Elektromobilität	258	Lebensdauererhöhung	274	Schnittstellenmanagement
227	Messtechniken in Verfahrens- und Energietechnik	243	Elektromobilität	259	Physikalische Grenzen	275	Supply Chain Management - Entwicklungen / Programme
228	Neue Sensorsysteme und regelungstechnische Einbindung	244	emmissionsarme Motoren Konzepte	260	Praktischer Einsatz numerischer Methoden	276	Supply Chain Optimierungen

277	Abkürzung der Entwicklung durch numerische Berechnungsverfahren	293	Entwicklung moderner Messmethoden für die Produktionsüberwachung	309	Verfahrenstechnik	325	Schwerpunktverschiebung: Phenomenologisch/experimentell -> Simulation
278	Statistische Versuchsplanung / Analyse	294	Methoden und Strategien zur Produktionsoptimierung	310	Verfahrenstechnik	326	Simulation
279	Verbesserung der Systeme durch mehr Datenanalyse/KI ...	295	neue Vorgehensweisen in der Produktentwicklung	311	Verfahrenstechnik bei der Verarbeitung von Kunststoffen und Verbundmaterialien	327	Simulation der gesamten Prozesskette
280	Digitalisierung	296	Optimierte Wärmebehandlungen	312	Verfahrenstechnische Prozess	328	eTextiles und smart textiles
281	Digitalisierung	297	Produktivitätssteigerung	313	Prüfverfahren, die in der Produktion die Qualität sicherstellen	329	Hygiene/Desinfektion von Textilien und harten Oberflächen
282	Digitalisierung	298	Produktverbesserung und Produktivitätserhöhung	314	Qualität von Produktionsprozessen steigern	330	Smart Textiles
283	Digitalisierung	299	Prozessanalyse / Prozessmesstechnik / Automatisierung	315	Qualitätsverbesserung	331	Smart Textiles - zusätzlicher Gebrauchswerten in textile Produkte
284	Digitalisierung	300	Prozessautomatisierung	316	Qualitätsverbesserung	332	Technische Textilien und Vliesstoffe
285	Digitalisierung	301	Prozessentwicklung für generative Fertigungsverfahren (z.B. 3D Druck)	317	Verbesserte Verfahren zur Qualitätssicherung und Verbesserung der Umweltfreundlichkeit	333	Textiler Leichtbau
286	Digitalisierung	302	Prozessinnovation	318	Komplexe Simulationsmodelle	334	Umweltfreundlichere Textilchemikalien
287	Digitalisierung	303	Prozesskettenverknüpfung	319	Modellierung und Simulation - Trend: geschlossene Prozesskettensimulation	335	Verbesserung Textilausrüstung persönlicher Schutzkleidung
288	Digitalisierung	304	Prozesskettenverkürzung durch neuartige Verfahrenskombinationen und Hybridtechnolgien in der Fertigung	320	Simulationsverfahren	336	Abfall als Rohstoff-Ressource
289	Digitalisierung	305	Prozessoptimierung	321	Simulation	337	Abfalleinsparung
290	Digitalisierung / Qualitätskontrolle	306	Vereinfachung von Produktionsabläufen	322	Simulation	338	Beiträge zur CO2-Reduzierung
291	Digitalisierung I4.0	307	Photonische Fertigungsverfahren	323	Skalenübergreifende numerische Modellierung von Mechanismen	339	nachhaltige Rohstoffe im Holz- / Papiersektor
292	Digitalisierung und Industrie 4.0	308	Verfahren weiterentwickeln - Prozessverständnis verbessern	324	Weiterentwicklung der Prozesssimulation	340	Energetische Optimierung

341	Filtersysteme	361	Alternative Fuels	381	Biologisch abbaubare Materialien wie z.B. PLA	401	Leichtbau
342	Hygiene	362	Alternative Kraftstoffe	382	Gewichtseinsparung	402	Leichtbau
343	Luftreinhaltung	363	Anwendung von Hochleistungswerkstoffen	383	Kompositwerkstoffe (biobasiert) einschließlich deren Recycling	403	Leichtbau
344	Minderung von Emissionen, Luft, Wasser	364	Erhöhung der Leistungsdichte durch neue und bessere Werkstoffe	384	Faserverbundmaterialien	404	Leichtbau
345	Minimierung bzw. Verzicht auf den Einsatz umweltbelastender oder toxischer chemischer Hilfsstoffe und Medien in der Fertigung	365	Ermüdungsfestigkeit	385	Hybride Materialien	405	Leichtbau
346	Nachhaltigkeit	366	Formgedächtnislegierungen	386	Hybride Materialien und neue Werkstoffe	406	Leichtbau
347	Nachhaltigkeit	367	funktionale Werkstoffe	387	Hybride Werkstoffsysteme	407	Leichtbau
348	Nachhaltigkeit	368	Hochfeste Konstruktionswerkstoffe	388	Hybridisierung / Verbundwerkstoffe	408	Leichtbau
349	Nachhaltigkeit	369	Hochleistungswerkstoff - Reduzierung des Eigengewichts bei gleicher Leistung	389	Polymerverbundwerkstoffe	409	Leichtbaustrukturen
350	Nutzung von erneuerbaren Rohstoffen für die Mobilität und Energieversorgung	370	Individuelle Materialmodellierung	390	Verbundwerkstoffe	410	Metallische Werkstoffe in Sonderkombinationen
351	Ökologie	371	Prozessmodellierung in der Naturstofftechnik	391	Verbundwerkstoffe - Kombination verschiedener Werkstoffe zur auteiloptimierung (Multi Material Design)	411	Multimaterialleichtbau
352	Ökologie, Abbaubarkeit/Umweltverträglichkeit Makromolekülen	372	Substitution von Kunststoffen	392	Textilverstärkte Materialien - Kunststoff, Medizin, Bauwesen	412	Multimaterialsysteme / Leichtbau
353	Recycling	373	Veredelung von Massenkunststoffen für höhere Funktionalität	393	Einsatz von faserbasierenden Materialien als Kunststoff-Ersatz.	413	Ressourceneffizienz
354	Recycling	374	VOC-emissionsarme Werkstoffe	394	Faserverstärkte Kunststoffe	414	Schwerpunkt CFK deutlich abnehmend
355	Reinigungsverfahren Altpapier zum verbesserten Einsatz in der Verpackungen	375	Werkstoffe in der Energietechnik / in der Verfahrenstechnik	395	Prozesstechnologie Faserbundmaterialien	415	Werkstoffentwicklung
356	Recyklierung	376	Werkstoffe und Werkstoffverhalten	396	Leichtbau	416	Werkstofflicher- und Strukturleichtbau
357	Umwelt- & Gesundheitsschutz	377	Werkstofftechnik	397	Leichtbau	417	Neue Werkstoffe durch Substitution teurer, seltener oder toxischer Metalle und Legierungselemente durch umweltverträglichere und preiswertere Materialien
358	Umweltschutz	378	Rechenmodelle zur Werkstoffsimulation	398	Leichtbau	418	Modifizierung von Kunststoffen
359	Umweltschutz / Leichtbau(werkstoffe)	379	Biokomposite	399	Leichtbau	419	Neue Materialien und Werkstoffe
360	Umweltverhalten von Baustoffen	380	Biokunststoffe	400	Leichtbau	420	Neue Werkstoffe

421	Neue Werkstoffe	441	Sekundärrohstoffen im Kreislauf der Produktion	461	Leistungsdichte	481	Flexibilität
422	Neue Werkstoffe	442	Nutzung von Sekundärstoffen	462	Behebung von Umweltbelastungen im Fertigungs- bzw. Produktionsverfahren	482	Funktionsinterga
423	Neue Werkstoffe	443	Smart Materials	463	Mass Customization - kundenindividuelle Produkte in Maßen und Design	483	Konstruktion / Herstellung / Optimierung von Maschinen / Komponenten in PKW-Motor- und Kraftwerks-Technik
424	Neue Werkstoffe / neue Fertigungsverfahren	444	Smart Materials	464	Mensch-Roboter-Kolaboration	484	Methodenverbesserung von Normen im Bereich Hygiene
425	Werkstoffentwicklung	445	Smart Materials	465	MID	485	Methodisch orientierte Projektanträge
426	Werkstoffentwicklung	446	Smarte Materialien	466	Modellierung von Mehrphasenströmungen	486	Mischverbindungen
427	Werkstoffentwicklungen für spezielle Anwendungen	447	3dimensionale elektronische Baugruppen	467	Montage optischer Systeme	487	Reduktion Beschichtungskosten
428	Entwicklung/Erweiterung Innovativer Oberflächenverfahren	448	Alternative Kälteerzeugungsverfahren	468	Nanocellulose	488	Standardisierung
429	Funktionale Oberflächen	449	AVT	469	Numerische Modelle von Fertigungprozesse	489	Strahlschweißen
430	Funktionale Oberflächen / Beschichtungen	450	Crashverhalten	470	Prozesssicherheit	490	Struktur- und Funtionalität
431	Funktionalisierung von Oberflächen	451	Desinfektion, Effizienzsteigerung und Nachweismethoden	471	Reibungsreduzierung	491	Verbesserte Lebensdauer- und Performance-Prognosen
432	Funktionelle Beschichtungen	452	Digitaldruck für elektrisch leitfähige und elektronische Bauteile	472	Weiterentwicklung der Eurocodes	492	Verbesserte Verfahren zur Kosteneinsparung
433	Multimaterialsysteme / Beschichtungssysteme	453	Effizienzerhöhung und Sicherheit bei Reinigungsprozessen	473	Weiterentwicklung Filtertechnik	493	Vernetzung
434	Oberflächen gewinnen an Bedeutung	454	Elektronenstrahltechnik	474	Zuverlässigkeit	494	Verstärkter Fokus auf Prognosen zur Betriebsfestigkeit
435	Oberflächenmodifikation / Korrosionsschutz	455	Entwicklung neuer Produkte	475	"Intelligente" Systeme		
436	Oberflächentechnik	456	Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten für Papierprodukte	476	Analytik		
437	Oberflächentechnik	457	Funktionsintegration	477	Anforderungsmanagement		
438	Oberflächen- und Prozessoptimierungen	458	Kommissioniertechniken / -steuerungen	478	Vorhersage der Lebensdauer von Bauteilen		
439	Optimierung Qualität von Beschichtungen	459	Korrosionsschutz	479	Ausbringen		
440	Sekundärrohstoffen aus externen Quellen	460	Lasertechnik	480	Bewertung und Geschäftsmodelle Industrie 4.0		

6.8 IGF- Themen mit Trendpotenzial der letzten 12 Monate[9]

1	Automatisierung	17	Industrie 4.0	33	Textiler Leichtbau	49	Enzymtechnlogie
2	Automatisierung	18	Industrie 4.0	34	Textiles Bauen	50	Exopolysaccharide zur Strukturierung von Lebensmitteln
3	Automatisierung	19	Industrie 4.0	35	IuK im Gartenbau / Pflanzenzüchtung	51	Funktionalitat - Qualität
4	Automatisierung von Verfahren mittels neuer Onlinemesstechniken	20	Industrie 4.0	36	Big Data handling und Biostatistik, Prediktive Selektion in Pflanzenzüchtung	52	Herkunftsnachweise
5	Automatisierung von Planungsverfahren	21	Industrie 4.0 , digitale Verkettung ganzer Prozesslininien	37	Bilddatenverarbeitung / künstliche Intelligenz in Pflanzenforschung/-züchtung	53	Hygiene Desinfektion in Gesundheits und Lebensmittelbereich
6	weitere Automatisierung,um Produktion kostentechnisch Trend 1 anzupassen	22	Nutzungspotenziale im Bereich Industrie 4.0	38	Biotechnologie	54	Hygiene in der Lebensmittelproduktion
7	Autonome Systeme	23	Praktische Realsierung / Implementierung der Idee Industrie 4.0	39	Membrantechnologie	55	Lebensmittelauthentizität
8	Produktionautomatisierung	24	Mensch-Roboter-Kollaboration	40	Schnellnachweis von Krankheitserregern	56	Nutzung natürlicher organismischer Stoffwechselwege
9	Robotik	25	Bauen im Bestand	41	Toxikologische Methodenentwicklung	57	Rohstoffverbesserung
10	Prozessautomatisierung	26	Baustoffentwicklung: Schall- und Wärmedämmung	42	Upscaling biotechnologischer Prozesse	58	Verbesserung der Produktionstechniken von Lebensmitteln
11	die Anwendungsbasis für Industrie 4.0 verbreitern	27	Building Information Modeling	43	Abbaubarkeit von makromolekularen Materialien / Mikroplastik	59	Auslaugbarkeit von mineralischen Baustoffen, insbesondere industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen
12	Erarbeitung von Strategien für die Integration der Fügeverfahren in das Denkmodell "Indstrie 4.0"	28	CO2- Ausstoß- Senkung	44	Biotechnologien	60	Chemische Energiekonversion
13	Industri 4.0	29	Dauerhaftigkeit von Betonen	45	Biotechnologien	61	Neue Reinigungsverfahren im Deinking von Altpapier
14	Industrie 4.0	30	Digitalisierung der Bauprozesse (BIM)	46	neue Biotechnologiemethoden zur Messung von Keimen	62	Optimierung Wirtschaftlichkeit (von chemisch techn. Prozessen)
15	Industrie 4.0	31	Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe im Baubereich	47	Emulsionen - Sprühtrockung	63	Digitaler Schatten von Werkstoffen und Prozessen
16	Industrie 4.0	32	Materialeinsatz minimieren	48	Enzyme in Backwaren	64	Digitalisierung

[9] Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wurde an dieser Stelle auf eine Bereinigung um Dopplungen und ähnliche Nennungen verzichtet. An anderer Stelle der Studie wurden ähnliche Trendnennungen zusammengefasst (siehe S.12).

65	Digitalisierung	85	Effiziente Fertigungsprozesse mit geringem Werkstoff- und Energieeinsatz (Reduzierung von Prozessketten)	105	Energetisch optimierte Verfahrenstechnologie	125	Additive Fertigung
66	Digitalisierung	86	Effizientere Produktionstechnologien	106	Energy Harvesting	126	Additive Fertigung
67	Digitalisierung	87	Effizienzsteigerung in der Produktion durch prädiktive Wartung	107	Entwicklung in der Elektromobilität und Energiespeichertechnik	127	Additive Fertigung
68	Digitalisierung	88	Energieeffizienz	108	Fertigung Elektroantriebe	128	Additive Fertigung
69	Digitalisierung	89	Energieeinsparung	109	Keine Neuen, die bekannten Windkraft	129	Additive Fertigung
70	Digitalisierung	90	Energieeinsparung	110	Leistungselektronik/Batterietechnologien	130	Additive Fertigung
71	Digitalisierung	91	Energieeinsparung bzw. Energierückgewinnung in Fertigungsprozessen	111	Material/Strukturvariationen bei Elektroden / Stromsammlern von Li Ionen Zellen	131	Additive Fertigung - 3D-Drucken (3D-Printing)
72	Digitalisierung	92	Energieffizienz	112	Neue Batteriematerialien für Hochleistungsbatterien	132	Additive Fertigung in Verbindung mit der Entwicklung angepasster Metallpulver
73	Digitalisierung	93	Engergieeinsparung	113	Offshore-Anwendungen - Dauerhaftigkeit	133	Additive Fertigungsverfahren (aber nicht in meinen Anträgen seit 2016 enthalten)
74	Digitalisierung	94	Reduzierung des spezifischen Energieeinsatzes	114	Regenerative Energien	134	Additive Manufacturing
75	Digitalisierung und Industrie 4.0	95	Prozesse zur Einsparung von Ressourcen	115	Regenerative Energieträger und Speichern	135	Additive Manufacturing
76	Digitalisierung, Datenvernetzung	96	Ressourceneffizienz	116	Verfahren für dezentrale Energieversorgung	136	Additive Manufacturing metallischer Pulver
77	Inkjet-Drucktechnologie	97	Ressourceneffizienz mit Werkstoffeinsparungen	117	Windenergie	137	Anwendbarkeit von generativen Fertigungsverfahren (3D-Druck)
78	Printed Electronics	98	Druck elektronischer Bauteile (LED, Antennen, RFID)	118	Energiespeicherung	138	Fertigung von 3D-Objekten
79	Effizienzerhöhung	99	Elektrokatalyse	119	Energiespeicherung	139	Multimaterial-3D-Druck
80	Effizienzsteigerungen (in der Antriebstechnik)	100	Integrationstechniken für effiziente, kostengünstige Leistungselektronik	120	Energiespeicherung	140	Bildungscloud
81	Energie- und Ressourceneffizienz	101	Löttechnologien	121	Energiespeicherung	141	Bildverarbeitung
82	Energieeffiziente Verfahren	102	Brennstoffzellen PEMFC, SOFC	122	Additive Fertigung	142	Einsatz von IT
83	Energieeffizienz	103	Brennstoffzellentechnologie	123	Additive Fertigung	143	IoT
84	Prozesse zur Energiegewinnung aus Abwärme	104	Elektronische Stromerzeugung mittels Brennstoffzellen oder niederenergetischen Quellen (ORC,etc)	124	Additive Fertigung	144	Sichere technische Kommunikation

145	Smart Home	166	Gassensoren für In situ Messung z.B. in Automotivbereich NOx	187	Digitale Plattformen	208	Sicherheits- und Schutztextilien
146	Smart Sensors	167	In- bzw. Online-Sensorik	188	Planung, Prognosen	209	Wirkstoffbeladene Textilien
147	Technische Anwendungen	168	Integration von Sensoren in Anwendungen	189	Effizienzsteigerungen und Qualität	210	Baustoffrecycling
148	Unternehmenssteuerung in Netzwerken	169	Mikro-Nano-Integration	190	integrierte multiple Produktionsschritte	211	Emissionsschutz
149	Vernetzung	170	Prozessregelung und -überwachung	191	Neue Produktionskonzepte	212	Luftreinhaltung
150	Datenverwendung	171	Sensoreinsatz in textilen und nicht-textilen Materialien	192	Optimierung von Verpackungslösungen	213	Minderung von Emissionen Luft, Wasser
151	Entwicklung online Analyseverfahren incl. Data Management	172	Sensorik	193	Produktoptimierung	214	Nachhaltigkeit
152	Deep Learning	173	Sensorik allgemein	194	Resourceneffiziente, stückzahlflexible Fertigungsverfahren	215	Ökologie
153	Deep learning in der Produktion	174	Sensorintegration	195	Weiterentwicklung von Produktionstechnologien	216	Recycling
154	Künstliche Intelligenz	175	Sensortechnik	196	Berechnungsverfahren	217	Recyclingtechnologien
155	Künstliche Intelligenz	176	Strukturintegrierte Sensorik	197	Einheit von Simulation und Prozessentwicklung	218	Umwelttechnologien
156	Künstliche Intelligenz	177	Alternative Verzahnungsgeometrien	198	Modellbildung / Simulation	219	Wassereinsparung
157	Künstliche Intelligenz, Wissensverarbeitung, Neuronale Netze, Big Data/ Datamining	178	Antriebssysteme	199	Numerische Berechnungsverfahren	220	CO2 als Chemierohstoff
158	Maschinelles Lernen	179	Datenvernetzung für autonomes Fahren	200	Numerische Simulation von Maßänderung und Eigenspannungen in der Wärmebehandlung	221	CO2 Reduktion
159	Advanced Analytics	180	Elektromobilität	201	Numerische Simulation zur Vorhersage von Verbindungseigenschaften und Optimierung von Verfahren	222	Dekarbonisierung des Industrie und Mobilität
160	Datenanalyse, predictive analytics	181	Elektromobilität	202	Simulation	223	Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der Kunststofftechnik
161	Monitoring	182	Elektromobilität	203	Simulationsverfahren als fester Bestandteil der Produktentwicklung	224	Ergänzung konventioneller Brennstoffe durch biostämmiger Brennstoffe oder aufbereitete Abfälle
162	Predictive Maintenance	183	Feinstaub	204	4D Textilien	225	Ersatz fossil basierter durch biobasierte Kunststoffe
163	Aktor-Sensor-Integration	184	IoT / i40 / data driven services	205	Funktionelle Fasern für moderne Textilien	226	Nutzung von CO2
164	Aufbau- und Verbindungstechnik für Sensoren	185	Vernetzung	206	Intelligente Bekleidung	227	Synthetische Fuels
165	Experimente mit moderner Messtechnik	186	Betriebswirtschaftliche Aspekte	207	Nachhaltige Textilproduktion	228	Urban mining

229	Additive Niedertemperaturfügeverfahren	251	Hybridisierung	273	Werkstoffe für Elektromobilität	295	in situ Prozesskontrolle in der Wärmebehandlung
230	Carbonfasern	252	Hybridmaterialien	274	Werkstoffentwicklung	296	Intelligente Prozesse und Maschinenkomponenten
231	Einsatz von erneuerbaren, recyclierbaren und kompostierbaren Papierprodukten	253	Verbundtechnologien	275	Werkstoffentwicklung 4.0	297	Intelligente Verpackungsmaterialien
232	Funktionsintegration	254	Innovativer Leichtbau	276	Funktionale Oberflächen	298	Kennzahlen zum optimalen Einsatz von Werkstoffen
233	Funktionsmaterialien für Aktoren	255	Leichtbau	277	Oberflächen	299	Kleben von Substraten mit beschränkter Festigkeit
234	Generative Verfahren mit drahtgebundenen Zusatzwerkstoffen	256	Leichtbau	278	Oberflächentechnik	300	Komfort: Reduktion von Schwingungen
235	Nanowerkstoffe	257	Leichtbau	279	Oberflächentechnik	301	Lärmunterdrückung
236	Reduktion des Materialeinsatzes	258	Leichtbau	280	Nutzung von Sekundärstoffen	302	Nanobonding
237	Rückbau- / End-of-life Technologien	259	Leichtbau	281	Substitution vom primären Rohstoffen	303	Nutzung von Brennstoffzellen, die als Wegwerf-Objekt in der Medizintechnik Verwendung finden
238	Verwitterungsbeständigkeit mineralischer Bauprodukten im Verkehrsbereich	260	Leichtbau	282	100% zerstörungsfreie Prüfung in der Massenfertigung	304	Oberflächen- und Prozessoptimierung
239	Werkstofffunktionalisierung	261	Leichtbau	283	Adhäsive Verfahren	305	Optische Technologien in der Produktion
240	Werkstoffsimulation	262	Leichtbautechnik	284	Air Taxis (Miniflugzeuge)	306	Psychoakustik
241	Werkstoffstrukturierung auf der nm-Ebene	263	massiver Leichtbau	285	Aktive Schwingungskontrolle	307	Schadenstolerantes Werkstoffverhalten
242	Fügetechnik	264	Neue Materialien	286	Alternative Kälteerzeugungsverfahren	308	Schaltbare Beschichtungen
243	Fügeverfahren im Offshore-Bereich	265	Neue Materialien	287	Anschließendes Verständnis zur Entstehung und Vermeidung von White Etching Crack	309	Tailored Properties
244	Hybride Fügetechniken	266	neue Werkstoffe	288	Einheit von Bemessung und Fügetechnik	310	Verknüpfung Fertigungstechnik und Werkstofftechnik
245	Materialflexible Fügetechnik	267	neue Werkstoffe	289	Ermüdung	311	Weiterentwicklungen von funktionellen Kunststoffkarten
246	Faserbasierte Verbundwerkstoffe im Systemleichtbau	268	Neue Werkstoffe	290	Flammschutz	312	Zuverlässigkeit
247	Faserverbundmaterialien	269	Neue Werkstoffe	291	Geändertes flexibles, schnelles,individuelles Konsumentenverhalten		
248	Fortführung Hybride Materialien mit neuen Materialkombinationen	270	Neue, biobasierte Materialien	292	Gesamtsysteme		
249	Hybridbauteile	271	Verbesserung von Werkstoffen	293	Herstellung		
250	Hybridisierung	272	Werkstoffe	294	Hohe Integration		