

Perspektiven 2035

Ein Leitfaden für die textile Zukunft | Langfassung

Impressum

Redaktion

Robert Peters und Kerstin Goluchowicz

Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE-IT
Steinplatz 1
10623 Berlin

www.iit-berlin.de

Ansprechpartner:
Robert Peters
T: 030 310078-5666
peters@iit-berlin.de

An der vorliegenden Studie wirkten seitens des Instituts für Innovation und Technik (iit) außerdem mit: Stephan Richter, Jost Lüddecke, Heike Strach, Sarah Walther und Franziska Wetterling.

Layout

Forschungskuratorium Textil e. V.
Reinhardtstraße 14 - 16
10117 Berlin

www.textilforschung.de

Ansprechpartner:
Johannes Diebel
T: 030 726220-40
jdiebel@textilforschung.de

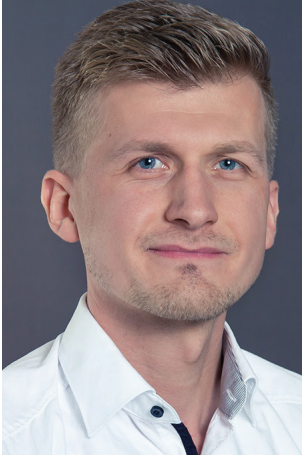
Unser Dank gilt dem durch das Forschungskuratorium Textil e. V. (FKT) benannten Steering Committee für dessen konstruktive Begleitung der Studie: Dr. Bayram Aslan, Johannes Diebel, Michael Kamm, Franz-Jürgen Kümpers, Steffen Lüdemann, Dr. Uwe Mazura, Prof. Dr. Stefan Mecheels, Silvia Mertens, Wolfgang Quednau, Stefan Ruholl, Adjunct Prof. PD Dr.-Ing. Yves-Simon Gloy und den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Workshops sowie der durch das FKT durchgeführten Befragung.

Berlin, März 2020

Inhalt

Vorwort	4
Executive Summary	5
1 Einleitung	6
2 Studiendesign	7
2.1 Visual Roadmapping	7
2.2 Publikations- und Förderdatenanalyse	9
2.3 Weitere Elemente der Studie	9
3 Roadmapping 2035 – Auswertung qualitativer Ergebnisse	10
3.1 Sozioökonomische Rahmenbedingungen	10
3.1.1 Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025	10
3.1.2 Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030	11
3.1.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035	14
3.2 Technologische Entwicklung	14
3.2.1 Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025	14
3.2.2 Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030	16
3.2.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035	18
3.3 Neue Anwendungen und Geschäftsmodelle	18
3.3.1 Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025	18
3.3.2 Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030	21
3.3.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035	23
4 Datenanalyse	25
4.1 Publikationsdaten	25
4.1.1 Internationale Forschungsthemen	25
4.1.2 Vergleich: Nationale Forschungsthemen	28
4.1.3 Deep Dive: Funktionalisierung und Ausrüstung	30
4.2 Förderdatenanalyse	34
4.2.1 Europäische Förderdaten	34
4.2.2 Förderkatalog des Bundes	41
4.3 Crunchbase	45
5 Auswertung weiterer Elemente	47
5.1 Befragung: Textilnahe Ideen	47
5.2 Ergebnisse der Aktion „Unternehmer der Zukunft“	49
6 Zusammenfassung	51
7 Handlungsfelder und -optionen	54
7.1 Unternehmerisch gestalten	54
7.2 Verbände und Branchenvereinigungen	55
7.3 Politische Rahmenbedingungen setzen	56
Literaturverzeichnis	58
Anhang	61

Vorwort



„Aus dem Werkstoff Textil wird die Zukunft gebaut“

Wir befinden uns in Zeiten eines einschneidenden globalen Wandels. Globalisierung, Digitalisierung und die Reduzierung der CO₂-Emissionen führen zu immer schnelleren Veränderungen für die Wirtschaft und bei den Kunden. Vom Rohstoff über die Verarbeitung bis hin zur Kundenbeziehung – alle Bereiche sind von einem tief greifenden Wandel geprägt. Für die Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland kommt es darauf an, diese Zukunft maßgeblich mitzugestalten, um auch diese Veränderungen erfolgreich bewältigen zu können.

Doch was sind die wichtigsten Zukunftstrends, um das kommende Jahrzehnt erfolgreich zu gestalten? Das Forschungskuratorium Textil hat sich in seiner neuen Zukunftsstudie „Perspektiven 2035“ intensiv mit dieser Frage beschäftigt. Unser Netzwerk aus Unternehmen, Verbänden und Forschungseinrichtungen bot dazu eine gute Grundlage. Mit dem Institut für Innovation und Technik konnten wir tatkräftige und fachkundige Unterstützung für das Projekt gewinnen.

Ziel war es, sich einen Überblick über Themen, Trends und Regulierungen zu verschaffen, um dann für die Textilindustrie ein möglichst realistisches Zukunftsbild zu skizzieren. Ausschließlich Workshops mit ausgewählten Experten durchzuführen, erschien uns nicht mehr zeitgemäß. Daher wurde die Workshop-Reihe durch weitere Methoden ergänzt. Dazu zählt vor allem eine profunde Textmininganalyse der Forschungslandschaft, die den Prozess sehr bereichert hat. Mit weiterführenden Befragungen zu den Marktpotentialen textiler Ideen und einer Sammlung von Geschäftsmodellen für das Jahr 2035 wurde die Studie komplettiert.

Von den Ergebnissen soll die gesamte Branche profitieren. Darüber hinaus hilft die Studie dem FKT, in den kommenden Jahren die richtigen Schwerpunkte in der Forschung zu setzen. Für eine Forschungsvereinigung, die die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) koordiniert, ist es notwendig, einen gewissen Weitblick zu besitzen. Dieser versetzt uns in die Lage, die richtigen Innovationen auf den Weg zu bringen. Nur durch diese Innovationen wird sich unsere Branche im zunehmenden Wettbewerb mit anderen Ländern auch weiterhin als Innovationsführer positionieren können.

Die Studie zeigt detailliert, dass die Textilindustrie vom Molekül bis zum Flugzeugrumpf jede denkbare Anwendung faserbasiert bedienen kann. Insbesondere die Technischen Textilien werden viele neue Anwendungen erschließen und dazu beitragen, das Leben der Menschen zu bereichern. Unser aller Aufgabe wird es auch sein, diese Erkenntnis in viele andere Branchen zu tragen, um der Textilwirtschaft völlig neue Märkte zu erschließen. Denn aus dem Werkstoff Textil wird die Zukunft gebaut.

Viel Spaß beim Lesen!

Ihr
Johannes Diebel
Leiter Forschung
Forschungskuratorium Textil

Executive Summary

Zu Beginn der 2020er Jahre verfügt Deutschlands Textilsektor über eine hervorragende Ausgangssituation im internationalen Wettbewerb. Mit einer dichten und eng vernetzten Landschaft universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen gehört Deutschland zu den führenden textilen Innovationstandorten. Textilforschung ist dabei stark **interdisziplinär** geprägt. So wird in wichtigen Anwenderdisziplinen in Deutschland besonders stark an textilen Themen gearbeitet. Interdisziplinarität, eine **hohe Forschungsaktivität privatwirtschaftlicher Unternehmen** und die ausgeprägte **Vernetzung** von Textilforschungsinstituten mit Industrieunternehmen sind Grundvoraussetzungen für eine an den Markterfordernissen orientierte Entwicklung und den erfolgreichen Wissenstransfer von der Theorie in die Praxis.

Inhaltlich ist die deutsche Forschungslandschaft **breit aufgestellt**. So arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen an den Themen, die auch international besonders intensiv beforscht werden. In entscheidenden Zukunftsfeldern ist die Forschungsaktivität in Deutschland dabei besonders stark ausgeprägt. Dazu zählen die Anwendungsbereiche **Medizin und Gesundheit**, z. B. Health Monitoring, **Energiespeicherung**, etwa für den Einsatz in Smart Wearables, und **Funktionalisierung von Naturfasern**, z. B. zum Ersatz von Karbon- und Glasfasern in Verbundwerkstoffen. Damit befindet sich die Forschungs- und Entwicklungslandschaft in einer **hervorragenden Ausgangslage**, um in einem sich verändernden gesellschaftlichen, regulativen und wettbewerblichen Umfeld zu bestehen. Grundvoraussetzung dafür ist jedoch, dass künftige Veränderungen rechtzeitig erkannt werden und Unternehmen, Wissenschaft, Verbände sowie Politik die richtigen Konsequenzen ziehen.

Dennoch wird die Branche bereits in den kommenden Jahren vor einem erheblichen Anpassungsdruck stehen. Steigende Energiekosten, kürzer werdende Entwicklungszyklen und neue, insbesondere auf Nachhaltigkeit fokussierte Kundenanforderungen stellen Textilhersteller wie Forschungseinrichtungen vor große Herausforderungen. Dabei entwickeln sich im Umfeld einer **alternden Gesellschaft**, sichtbarer werdender **Umwelt- und Klimaveränderungen**, der **Verdichtung urbaner Räume** sowie eines zunehmenden Wohlstands in vormaligen Entwicklungs- und Schwellenländern neue Märkte für textilbasierte Anwendungen, die einen Beitrag zu einer Gesellschaft leisten, die nachhaltiger, gesünder und bewusster lebt. Trotz der bereits engen Vernetzung von Wissenschaft und Industrie wird der Textilsektor vor diesem Hintergrund die **Geschwindigkeit** bei der Entwicklung und Adap-

tion digitaler wie nachhaltiger Prozesse erhöhen und seine **Zusammenarbeit** mit wichtigen Anwenderbranchen intensivieren müssen.

Bis zu Beginn der 2030er Jahre dürfte sich das regulatorische Umfeld ebenso wie das Nachfrageverhalten grundlegend gewandelt haben. Damit würden Unternehmen vom Markt verdrängt werden, denen es nicht gelingt, mit der Dynamik der **digitalen und nachhaltigen Transformation textiler Wertschöpfung** Schritt zu halten. Um die Chancen dieser Entwicklung zu nutzen und die eigene Wettbewerbssituation zu stärken, müssen Unternehmen, Verbände und politische Entscheider gemeinsam den notwendigen Gestaltungswillen entwickeln.

Textilunternehmen müssen mehr tun, als sich lediglich dieser Entwicklung anzupassen. Es geht vielmehr darum,

- Produkte für die Gesellschaft von morgen zu entwickeln,
- Potential für neue Geschäftsmodelle aufzudecken,
- die Voraussetzung für einen offenen und transparenten Austausch mit anderen Unternehmen zu schaffen,
- Zukunftsmärkte gezielt zu entwickeln und
- durch Sinnstiftung für Beschäftigte attraktiver zu werden.

Verbände und Branchenvereinigungen können Unternehmen dabei unterstützen, Zugang zu den notwendigen Informations- und Vernetzungsangeboten zu erhalten. Es gilt,

- Potentiale neuer Absatzmärkte frühzeitig zu analysieren,
- interdisziplinäre Anwendungsforschung zu stärken,
- bestehende Beratungs- und Vernetzungsangebote auszuweiten sowie
- Matchmaking-Plattformen zu entwickeln.

Politische Entscheider¹ müssen bereit sein, die notwendigen Voraussetzungen für eine nachhaltige und digitale Transformation textiler Wertschöpfung zu schaffen. Es braucht

- langfristig wirksame und verbindliche Regulierungsfahrpläne,
- beschleunigte Standardisierungsverfahren für innovative textile Lösungen,
- neue Fördermechanismen für eine Stärkung der Zusammenarbeit von kleinen und mittleren Unternehmen und Start-ups sowie die
- Verstärkung der Transfermaßnahmen in der Forschungsförderung.

¹ Die in dieser Studie mitunter gewählte männliche Form bezieht sich stets auf alle Geschlechtsidentitäten.

1 · Einleitung

Die vorliegende Studie bildet das Ergebnis des Foresight-Projektes Perspektiven 2035 ab. Dieses hat das Institut für Innovation und Technik (iit) im Auftrag des Forschungskuratoriums Textil e. V. (FKT) zwischen Mai 2019 und Februar 2020 durchgeführt. Das Projekt schließt an die Ergebnisse der Zukunftsstudie Perspektiven 2025 an, mit der sich das FKT 2012 erstmals in einem eigens dafür initiierten Projekt systematisch mit der Zukunft von Textilforschung und Textilindustrie beschäftigte. Das Ergebnis der Perspektiven 2025 waren 133 Ideen für textilnahe Anwendungen und 120 Anwendungsmöglichkeiten für textile Materialien (Forschungskuratorium Textil e. V. [FKT], 2014). Ziel der Perspektive 2035 ist es darauf aufbauend, die Diskussion über die künftige Entwicklung des Textilssektors in Deutschland in einen breiteren Kontext zu setzen und die Entwicklung sozioökonomischer und technologischer Bedingungen sowie deren Auswirkungen auf die Entwicklung textiler Produkte, Services und Geschäftsmodelle zu analysieren. Dazu wurden insgesamt fünf Experten-Workshops sowie eine Analyse von Publikations- und Förderdatenbanken durchgeführt. Ergänzt werden die Ergebnisse durch eine vom FKT durchgeführte Expertenbefragung sowie die Aktion „Unternehmer der Zukunft“, die von FKT und Hochschule Niederrhein gemeinsam durchgeführt wurde, bei der Studierende textile Geschäftsmodelle für das Jahr 2035 entwickelten.

In **Abschnitt 2** wird zunächst das Studiendesign für die wesentlichen Elemente eingeführt: das Visual Roadmapping (Abschnitt 2.1), die Publikations- und Förderdatenanalyse (Abschnitt 2.2) und die ergänzende Expertenbefragung sowie die Summer School „Digitizing the Fashion Supply Chain“ (Abschnitt 2.3).

Abschnitt 3 fasst die Ergebnisse des Roadmappings zusammen und beschreibt die Veränderung des sozioökonomischen Umfeldes (Abschnitt 3.1), der technologischen Entwicklung (Abschnitt 3.2) sowie die Veränderung textiler Anwendungen und Geschäftsmodelle (Abschnitt 3.3) für den Betrachtungszeitraum von 2020 bis 2035.

Anschließend gibt **Abschnitt 4** einen Einblick in die nationalen und internationalen Hot Topics im Bereich der Textilforschung auf Basis einer Analyse von Publikationsdaten (Abschnitt 4.1) sowie Förder- und Start-up-Daten (Abschnitte 4.2 und 4.3).

Abschnitt 5 liefert eine ergänzende Auswertung der vom FKT durchgeführten Befragung zu textilnahen Ideen (Abschnitt 5.1) und der Aktion „Unternehmer der Zukunft“ (Abschnitt 5.2).

In **Abschnitt 6** werden die Ergebnisse der Studie zusammengefasst und zu kurz-, mittel- und langfristigen Szenarien über die Entwicklung von Textilforschung und Textilindustrie integriert.

Abschnitt 7 leitet auf Basis der Szenarien aus Abschnitt 6 Handlungsoptionen ab, wie Unternehmen (Abschnitt 7.1), Verbände (Abschnitt 7.2) und politische Entscheidungstragende (Abschnitt 7.3) dazu beitragen können, den Textilstandort Deutschland weiterzuentwickeln und dessen Wettbewerbsposition langfristig zu stärken.

2 - Studiendesign

Die Studie besteht im Wesentlichen aus zwei Elementen: In einem expertenbasierten Foresight-Prozess wird zunächst eine Roadmap für die Entwicklung neuer Technologien, Produkte, Services und Geschäftsmodelle erarbeitet. Parallel dazu erfolgt eine Analyse von Publikations- und Förderdaten. Sie dient erstens als Reality-Check, um zu prüfen, ob die von den Experten antizipierten Technologiepfade zu plausibilisieren sind. Zweitens dient die Datenanalyse dazu, national und international beforschte Hot Topics zu identifizieren und einen strukturellen Überblick über das thematische Profil sowie die Vernetzung der deutschen Textilforschung zu schaffen.

Ergänzt werden diese beiden Elemente durch eine Expertenbefragung, bei der gezielt die im Rahmen von Perspektiven 2025 und Perspektiven 2035 entwickelten textilnahen Anwendungen hinsichtlich ihres künftigen Marktpotentials evaluiert werden. Die Ergebnisse der Summer School, welche die Perspektive der beteiligten Studierenden auf die textile Wertschöpfung im Jahr 2035 abbilden, fließen ebenfalls in die Betrachtung dieser Studie ein (Abbildung 1).

2.1 Visual Roadmapping

In insgesamt fünf Workshops diskutierten rund 80 Experten aus Wissenschaft und Industrie gemeinsam auf Basis der Visual-Roadmapping-Methode über die Zukunft von Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland. Jeder Workshop stand dabei unter einem bestimmten Thema und eröffnete somit eine spezielle Perspektive auf die Entwicklung der Branche in den kommenden 15 Jahren.

- 02.07.2019 (Berlin): Textilindustrie und Textilforschung national
- 09.07.2019 (Mönchengladbach): Textilforschung und Technologietransfer
- 17.09.2019 (Dresden): Nachhaltigkeit durch Technisches Textil
- 23.09.2019 (Frankfurt a. M.): Textilindustrie und Textilforschung international
- 26.09.2019 (Stuttgart): Cross-Sektor-Effekte

Methodischer Hintergrund

Die Visual Roadmap ist ein vom iit entwickeltes Instrument, um Zusammenhänge einer Entwicklung in einem Expertenprozess zeitlich und nach Kategorien strukturiert zu diskutieren. Dabei werden folgende Kategorien unterschieden:

- Sozioökonomische Einflussfaktoren (rechtliche, ökonomische, gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Phänomene und Voraussetzungen)
- Technologieentwicklung (wissenschaftlich-technische Voraussetzungen für das jeweilige Thema)
- Anwendungen (textilbasierte Produkte und Services)
- Geschäftsmodelle und Impact (Entwicklung von Geschäftsmodellen sowie ökonomische und gesellschaftliche Auswirkungen)

Ziel des vom iit entwickelten Visual Roadmappings (Kind, Hartmann & Bovenschulte, 2011) ist es, Meilensteine und maßgebliche – bzw. auch kritische – Pfade auf dem Weg vom „Jetzt“ in die Zukunft zu identifizieren. Die expertenbasierte Methode eignet sich besonders für die strategische Vorausschau und wurde bereits in vielfältigen Projekten erfolgreich eingesetzt. In Anleh-

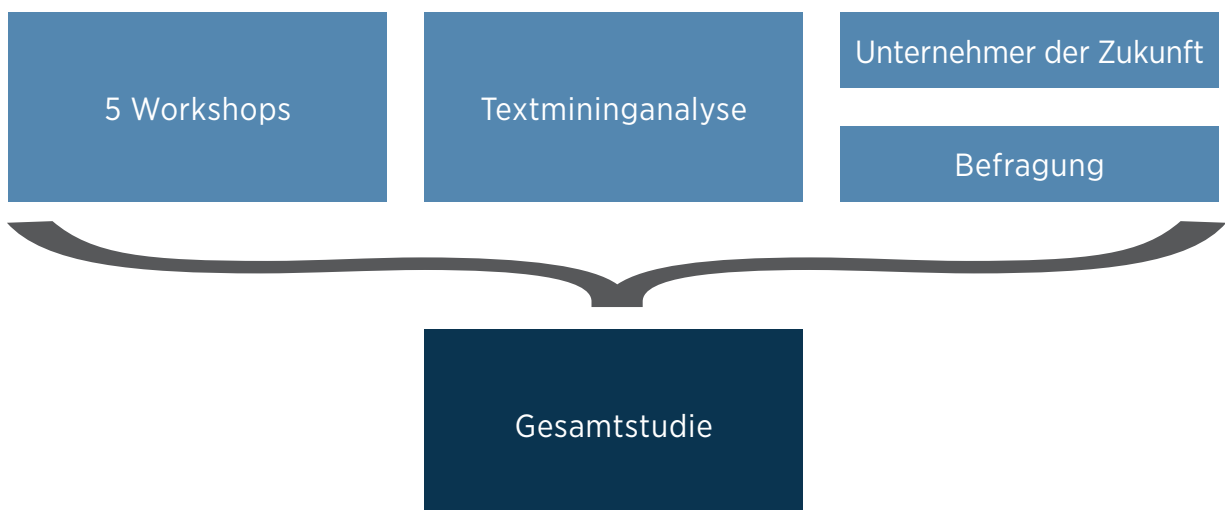


Abbildung 1: Studiendesign

nung an die Gantt-Methode werden Meilensteine der Technologieentwicklung identifiziert, auf einer Zeitachse angeordnet und in logische Wirkungsbeziehungen zueinander gesetzt.

Der Vorteil der Methodik liegt in der unmittelbaren Visualisierung, der Komplexitätsreduktion sowie der Fokussierung der Gruppendiskussion auf das Wesentliche: ein gemeinsames Verständnis von der Zukunft. Diskussionsfortschritte und Ergebnisse werden direkt auf einer strukturierenden Matrix festgehalten. Das Visual Roadmapping stellt eine angepasste, expertengestützte und strukturierte Variante des Technologie-Roadmappings dar, die mit Elementen des Brown-Papers, Brainwritings, strukturierter Gruppendiskussionen und der Critical-Path-Methodik des Projektmanagements kombiniert wird. Die für eine Anzahl von fünf bis zu 20 Teilnehmenden geeignete Methodik wird durch eine Moderation begleitet, die neben der Ergebnisdokumentation auch darauf achtet, dass ein Zeitrahmen von zwei Stunden eingehalten wird. Es entsteht ein gemeinsam entwickelter, bleibender Eindruck der Komplexität, der Entwicklungspfade und des zeitlichen Verlaufs des jeweiligen Themas (Abbildung 2).

Im Ergebnis entsteht eine durch alle Teilnehmenden des Visual-Roadmapping-Workshops erarbeitete, konsentrierte Vorstellung über die Zukunft. Mit abgebildet werden in zeitlich logischer Anordnung die Meilensteine auf dem Weg dorthin und

die dabei zu meisternden Herausforderungen auf den Ebenen Gesellschaft, Technik und Rechtsrahmen.

Auswertung der Ergebnisse und Limitationen des Ansatzes

Je Workshop wurde von den Teilnehmenden eine Visual Roadmap entwickelt. Auf Basis der Ergebnisdokumentation erfolgte die Auswertung und Integration der Ergebnisse, die in Form einer integrierten Roadmap (siehe Anhang) aufbereitet und in Abschnitt 3 diskutiert werden.

Expertenbasierte Foresight-Prozesse können dabei stets nur eine mögliche Zukunft abbilden und nicht als Prognose künftiger Entwicklungen aufgefasst werden. Vielmehr geht es darum, im Sinne einer strategischen Vorausschau ein plausibles Zukunftsszenario zu entwickeln, Chancen und Herausforderungen zu identifizieren, um daraus entsprechende Handlungsimplicationen abzuleiten.

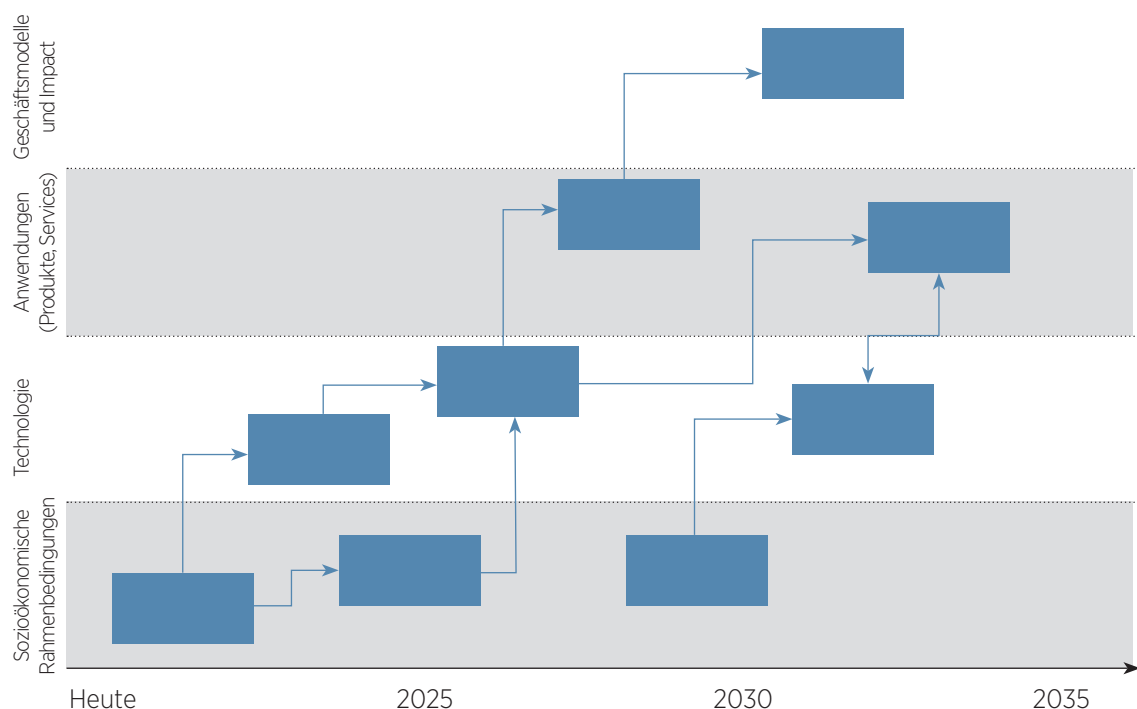


Abbildung 2: Visual Roadmap, schematische Darstellung

2.2 Publikations- und Förderdatenanalyse

Die Analyse von Publikations- und Förderdaten soll Hot Topics der nationalen und internationalen Textilforschung identifizieren, Themenschwerpunkte aufdecken, Kooperationsstrukturen von Akteuren aus Wissenschaft und Industrie abbilden sowie Annahmen aus dem Roadmapping plausibilisieren.

Die Publikationsanalyse erfolgt mithilfe der Datenbank Scopus[®]. Dabei dienen Titel und Abstracts von Veröffentlichungen und Konferenzbeiträgen im Zeitraum 2015 bis 2019 als Grundlage für Co-Häufigkeitszählung, Clustering-Analysen und Netzwerkvisualisierung mittels VOSviewer.

Die Förderdatenanalyse erfolgte auf Basis der CORDIS-Datenbank der Europäischen Kommission sowie des Förderkataloges des Bundes (FÖKAT) für den Zeitraum 2010 bis 2019. Auf dieser Grundlage wurden ein Text-Preprocessing, Co-Häufigkeitszählungen und Clustering-Analysen durchgeführt, darüber hinaus die Netzwerkvisualisierung anhand von Titeln bzw. Kurzbeschreibungen der erfassten Förderprojekte sowie auf Grundlage von Affiliations-Bezeichnungen mittels Tableau und VOSviewer. Zusätzlich erfolgte eine qualitative Themencodierung von Förderprojekten mit Volumen ab 1,5 Mio. Euro. Die Analyse von Start-up-Daten erfolgte mittels Tableau und der Datenbank Crunchbase.

Beim Förderkatalog des Bundes sowie der CORDIS-Datenbank handelt es sich um öffentliche Datenbanken, die den bestmöglichen Zugang zu Förderdaten bieten. Scopus[®] ist eine von mehreren konkurrierenden kommerziellen Publikationsdatenbanken, die für Analysen internationaler wissenschaftlicher Veröffentlichungen herangezogen werden können. Crunchbase ist die international größte Datenbank für Start-up-Daten. Für alle vier verwendeten Quellen gilt, dass sie Datenlücken aufweisen.² Auch uneinheitliche Notationen von Affiliations-Bezeichnungen und anderen, in den Datenbanken hinterlegten Informationen können zu Verzerrungen führen. Das iit oder andere auswertende Institute haben darauf grundsätzlich keinen Einfluss. Dies ist bei der Bewertung der Analyseergebnisse grundsätzlich zu berücksichtigen.

2.3. Weitere Elemente der Studie

Online-Befragung

In der vom FKT durchgeführten Befragung wurden 33 Experten im Zeitraum von November bis Dezember 2019 zum Marktpotential von 217 textilen Ideen befragt, die sowohl aus der Zukunftsstudie Perspektiven 2025 als auch aus den im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Workshops stammen. Dabei gaben die Fachleute Einschätzungen über das maximal zu erwartende Marktvolumen (Massenmarkt, Nischenmarkt, geringes Marktvolumen) und den Zeithorizont für das Eintreten des Marktpotentials ab: in weniger als fünf Jahren, in fünf bis zehn Jahren, in mehr als 10 Jahren.

Aktion „Unternehmer der Zukunft“

Vom 23. bis zum 25. September 2019 führte die Hochschule Niederrhein an der Textilakademie NRW eine Summer School mit mehr als 100 Studierenden durch. In diesem Rahmen wurden die Studierenden zu ihrer Sicht auf die Zukunft textiler Geschäftsmodelle befragt. Dazu stellten iit und FKT einen Geschäftsmodell-Canvas zur Verfügung, mittels dessen die Studierenden ihre Geschäftsmodelle für das Jahr 2035 entwickelten. Die Ergebnisse wurden von der Hochschule Niederrhein dokumentiert und zur Auswertung im Rahmen dieser Studie zur Verfügung gestellt.

² Im FÖKAT sind keine Daten des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) und der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) hinterlegt.

3 · Roadmapping 2035 – Auswertung qualitativer

3.1 Sozioökonomische Rahmenbedingungen

3.1.1. Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025

Kurzfristig werden sich nach Einschätzung der am Roadmapping beteiligten Fachleute vor allem das steigende gesellschaftliche Bewusstsein für ökologische wie soziale Nachhaltigkeit und die sich ausdifferenzierenden Bedürfnisse im Spannungsfeld von Berufs- und Privatleben auf den Textilsektor auswirken.

Ökologische Nachhaltigkeit verändert Rahmenbedingungen mittel- und langfristig

Die Teilnehmenden des Workshops rechnen damit, dass die gegenwärtig zu beobachtende stärkere gesellschaftliche Auseinandersetzung mit

aktuellen Shell-Jugendstudie zufolge am meisten Angst machen (Shell Deutschland Holding GmbH [Shell Deutschland], 2019).

Die Experten gehen weiter von einem schneller steigenden Anpassungsdruck in Folge des CO₂-Preises auf Brennstoffemissionen aus, der sich zur Mitte der 2020er Jahre massiv zuspitzen und den Energiepreis zum kritischen Kostenfaktor für den Fortbestand textiler Produktion in Deutschland machen dürfte. Insbesondere energieintensive Prozessschritte wie die Ausrüstung und Veredlung stehen dabei besonders unter Druck. Fraglich ist, ob Textilhersteller bei der Entwicklung energieeffizienterer Prozesse in Geschwindigkeit und Ausmaß werden mithalten und steigende Energiekosten damit noch kompensieren können. Die Gefahr eines „Carbon Leakage“ würde sich folglich verschärfen. Ähnlich wie im Fall der Chemieindustrie, droht nach Einschätzung der Teilnehmenden der Workshops kurz- bis mittelfristig die Gefahr, dass bestehende Regeln nicht mehr ausreichen werden, die sicherstellen sollen, besonders energieintensive Produktionsprozesse in Deutschland – als Standort mit vergleichsweise hoher CO₂-Produktivität – wettbewerbsfähig fortführen zu können (Geres et al., 2019, S. 10; Institut für angewandte Arbeitswissenschaft [ifaa], 2019).

Derzeit bemüht sich die Branche, auf diese Situation aufmerksam zu machen und für die großen Herausforderungen hiesiger Textilunternehmen zu sensibilisieren. Die im „Bündnis faire Energiewende“ zusammengeschlossenen Branchenverbänden weisen mit Nachdruck auf den starken Anpassungsdruck hin, der zu erheblichen wirtschaftlichen Nachteilen für die Textilhersteller führen kann. Insgesamt scheint es dem produzierenden Sektor in Deutschland in jüngster Zeit nicht zu gelingen, mit seinen Bemühungen für mehr Klimaschutz wahrgenommen zu werden. Schließlich waren 2018 nur 7 Prozent (2008: 17 %) aller Bundesbürgerinnen und -bürger der Auffassung, die Industrie täte genug für Umwelt- und Klimaschutz (BMU & UBA, 2019, S. 23).

Nicht nur kostenseitig wird sich der Anpassungsdruck in den nächsten Jahren zuspitzen. Auch beim Einwerben von Investitionen ist mit einer Veränderung des Branchenumfeldes zu rechnen. Nach Ansicht der Workshopteilnehmenden dürften demzufolge Finanzinvestitionen verstärkt nachhaltige Projekte und Geschäftsmodelle unter-

AUF EINEN BLICK

Sozioökonomische Rahmenbedingungen 2020 bis 2025

- Das Bewusstsein für **Nachhaltigkeit** wird für immer größere Teile der Gesellschaft zu einem wesentlichen Motiv für politisches Handeln und Konsumententscheidungen.
 - **Kostenseitiger Anpassungsdruck**: Steigende CO₂-Preise erreichen kritische und für einige Betriebe existenzielle Schwellen.
 - **Konsumentenseitiger Anpassungsdruck**: Kunden fragen zunehmend nachhaltig erzeugte Produkte nach und fordern Transparenz ein, bei geringer zusätzlicher Zahlungsbereitschaft.
 - **Kapitalmarktseitiger Anpassungsdruck**: Nachhaltigkeit spielt bei Investitionsentscheidungen eine stärkere Rolle.
- Insbesondere auf B2C-Märkten legen Kunden vermehrt auch auf **soziale Nachhaltigkeit** von Produkten Wert.
- **Wachsendes Bedürfnis nach zeitlicher Freiheit und Flexibilität** verschärft Nachwuchssituation für den Textilsektor und erschwert die Bewältigung des Fachkräftemangels.

Fragen der Nachhaltigkeit eine langfristige Veränderung im Bewusstsein und der Haltung der Gesellschaft einleiten wird. Insbesondere das Interesse junger Menschen dürfte nach Einschätzung der Workshopteilnehmenden auf mittlere und lange Sicht zu einem steigenden politischen Handlungsdruck und veränderten Konsumverhalten führen. Während Umwelt- und Klimaschutz verstärkt als eines der zentralen gesellschaftlichen Probleme ins Bewusstsein breiter Bevölkerungsteile rückt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [BMU] & Umweltbundesamt [UBA], 2019, S. 17), zählen Umweltverschmutzung und Klimawandel zu den Themen, die jungen Menschen in Deutschland der

Ergebnisse

stützen und Kapital immer weniger in als umwelt- oder klimaschädlich geltende Vorhaben fließen. Einer Studie im Auftrag von Union Investment zufolge berücksichtigen 72 Prozent der befragten institutionellen Anleger in Deutschland bereits heute Nachhaltigkeitskriterien bei ihren Investitionsentscheidungen. Anfang 2020 gab schließlich der weltweit größte Vermögensverwalter BlackRock bekannt, dass Nachhaltigkeit künftig einen erheblichen Einfluss auf seine Investitionsentscheidungen haben werde, was zu einer „erheblichen Umverteilung von Kapital“ im Rahmen einer umfassenden Neubewertung von Risiken und Vermögenswerten führen könnte (Faz.net, 2020; Massa, 2020). Neben Faktoren wie „Verbesserung des Images“ ist es vor allem der steigende Regulierungsdruck, der auch Investoren zu einer stärkeren Berücksichtigung von Nachhaltigkeitszielen in ihrer Geschäftstätigkeit bewegt (Union Investment, 2019, S. 7–10).

Soziale Nachhaltigkeit und individuelle Lebensqualität: Zweiter Bewusstseinswandel führt zu Anpassungsdruck

Neben der ökologischen Nachhaltigkeit wird nach Einschätzung der Fachleute zur Mitte der 2020er Jahre auch die Frage der sozialen Nachhaltigkeit gesellschaftlich eine größere Bedeutung gewinnen. Damit könnte insbesondere die Bekleidungsindustrie mit Blick auf die soziale Situation in den Herstellungsländern weiter in den Fokus kritischer gesellschaftlicher Auseinandersetzung geraten. Nachfrageseitig würde sich dies in einer Entwicklung von Konsumentenmärkten zu „Sinnmärkten“ (Opaschowski, 2013, S. 227–232) ausdrücken. Kundenbedürfnisse würden sich in einem solchen Szenario verstärkt auf den langfristigen Wert und die sozial-ökologische Nachhaltigkeit von Konsumgütern konzentrieren.

Jenseits der gesamtgesellschaftlichen Perspektive des bewussten Umgangs mit natürlichen Ressourcen sowie der sozialen Folgen von Produktion und Konsum dürften in den kommenden fünf Jahren die Ansprüche der Beschäftigten an die Vereinbarkeit von Privatleben und Familie weiter steigen. So spüren Teile der Branche bereits heute, dass sich die Erwartungen der Beschäftigten an die flexible Gestaltung von Arbeitszeiten spürbar erhöhen. Dieser Trend wird die Auswirkungen der demografischen Entwicklung für Unternehmen weiter verschärfen, wenn es nicht gelingt, Beschäftigten ein höheres Maß an Flexibilität zu ermöglichen. Im Vergleich zum Durchschnitt aller Berufsgruppen weist die Textilindustrie eine besonders hohe Altersstruktur auf (Löhner, Lemm, Kerpen, Saggiomo & Gloy, 2018, S. 75). Insbesondere in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre dürfte

es so zu einem spürbaren Verlust an Expertenwissen in der Branche kommen.

Nicht nur seitens der Beschäftigten wird sich nach Einschätzung der Workshopteilnehmenden ein steigendes Komfortbedürfnis auf den Textilsektor auswirken. Auch nachfrageseitig rechnen sie mit strukturellen Veränderungen, die an die Entwicklung textiler Produkte und Services sowie an die Gestaltung von Vertriebsstrategien neue Anforderungen stellen. Insbesondere die Verfügbarkeit von Produkten, umfassende Services, eine stärkere Flexibilität von Produktionsprozessen sowie die Individualisierung des Konsums prägen dabei zunehmend B2C-Märkte (Glock et al., 2019, S. 12; Huber, Steinle, Steinle & Armellini, 2013; KPMG, 2016).

3.1.2 Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030

Mittel- bis langfristig erwarten die Experten – neben einer zunehmenden Akzeptanz harter, auch ordnungspolitischer Eingriffe für mehr Umwelt- und Klimaschutz und einem veränderten Konsumverhalten – ein weiteres Erstarken Chinas und bisheriger Schwellenländer. Die fortschreitende Verdichtung urbaner Räume schafft neue Bedarfe auch an komplexen, textilbasierten Lösungen.

Schwellenländer als neue Absatzmärkte und die Dominanz Asiens

Auf mittlere und längere Sicht dürfte das Wachstum in China sowie in Schwellenländern Asiens, Südamerikas und Afrikas zu substanziellen Veränderungen auf den für den Textilsektor relevanten Märkten führen. China gehört bereits seit Jahren, gemessen an den Marktanteilen, zu den wichtigsten Herstellern, auch im Bereich technischer Textilien (Ernst & Young, 2016). Wachstumstreiber waren in den vergangenen Jahren vor allem die ausgeprägte Dynamik beim Aufbau der Infrastruktur im Land, die rasante Entwicklung wichtiger Anwenderbranchen wie des Automobilbaus, der Luft- und Raumfahrt und der Medizintechnik. Wie für Deutschland gilt auch für China, dass deren Entwicklung einen erheblichen Einfluss auf den Textilsektor und in besonderer Weise auf den Bereich technischer Textilien hat (International Trade Administration, 2016). China dürfte perspektivisch verstärkt auch in Konkurrenz zu deutschen Herstellern hochwertiger textiler Produkte treten.

Jenseits der zunehmend hegemonialen Wirtschaftsmacht China ist weltweit eine besondere Wachstumsdynamik in Entwicklungs- und Schwellenländern zu beobachten. Das schnellere Aufho-

len bei der Wohlstandsentwicklung legen auch die im Vergleich zu großen Industrienationen überproportional steigenden Primäreinkommenssaldden nahe (Franklin Templeton Investments, 2018). Trotz einer zwischenzeitlich leicht rückläufigen Wachstumsdynamik dürfte sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren fortsetzen (Aizpún, Krüger & Puttaiah, 2019). Insbesondere der prognostizierte Anstieg des gesamtwirtschaftlichen Verbrauchs der Mittelklasse in Schwellenländern bis 2030³ lässt die Expertenannahme plausibel erscheinen (Franklin Templeton Investments, 2018). In Folge wachsenden Wohlstands rechnen die Teilnehmenden der Workshops damit, dass wichtige Schwellenländer als Absatzmärkte für hochwertige technische Textilien immer relevanter werden.

Gleichzeitig wird wegen der zunehmenden Dominanz Chinas eine verstärkte Abhängigkeit von chinesischen Technologiekonzernen befürchtet. Neben der grundlegenden Gefahr für die Konkurrenzfähigkeit Deutschlands auf dem Feld der Digitalisierung stellen besonders chinesische Plattformen ein Risiko dar. So wird es künftig zu einer größeren Abhängigkeit kommen, sollte der Zugang zu asiatischen Absatzmärkten vermehrt über eine chinesisch dominierte Infrastruktur erfolgen.

Klimafolgen werden deutlicher: Ordnungspolitische Maßnahmen werden ergriffen

Für die zweite Hälfte der 2020er Jahre wird damit gerechnet, dass sich der Anpassungsdruck auf den Textilsektor in Richtung nachhaltiger Prozesse und Produkte weiter verschärfen und sich politisches Handeln zunehmend an entsprechenden Nachhaltigkeitszielen ausrichten wird. Wesentlich dafür ist die Annahme, dass der deutlicher werdende Klimawandel nach 2025 die Bedeutung von Umwelt- und Naturschutz noch klarer ins Bewusstsein der Gesellschaft rücken werde. Insbesondere über die enge internationale Verflechtung der deutschen Wirtschaft könnten Klimafolgen in Beschaffungs- und Absatzländern spürbare Auswirkungen haben – und somit auch für Deutschland (Peter, Guyer & Füssler, 2019). Darüber hinaus dürfte, etwa in Folge häufiger Extremwetterereignisse und des Meeresspiegelanstiegs, der Klimawandel auch im Alltag immer häufiger unmittelbar sichtbar werden (Climate Central, 2019; Ehlerding, 2019; UBA, 2019). So gehen die Workshopteilnehmenden davon aus, dass durch diese Einflüsse, in Verbindung mit einer stärkeren Verknappung natürlicher Ressourcen

bis 2030, eine doppelte Akzeptanzschwelle erreicht wird. Erstens dürfte das steigende Bewusstsein bei Verbrauchern für Nachhaltigkeit erzeugte Produkte dazu führen, dass Nachhaltigkeit als zentrales Verkaufsargument auch in der Breite von Konsummärkten wirksam wird. Zweitens könnte sich eine breite Akzeptanz für tiefgreifende ordnungspolitische Eingriffe des Staates zugunsten von Umwelt und Naturschutz entwickeln. Um 2030 wird es nach Einschätzung der Experten daher zu einem vollständigen Verbot Mikroplastik generierender Stoffe, festen Recyclingquoten und einer massiven Einschränkung des Wasser- und Biomasseverbrauchs kommen. Der langfristige Fahrplan derartiger Maßnahmen würde auf eine vollständige Verbrauchsvermeidung zielen. Dabei ist bereits für die zweite Hälfte der 2020er von einer verschärften Regulierung in Richtung geschlossener Stoffkreisläufe auszugehen. Für 2030 wird zudem mit der Einführung verpflichtender Nachverfolgbarkeitsstandards entlang der gesamten Wertschöpfungskette gerechnet.

Mit der zunehmenden Orientierung des politischen Handelns an Nachhaltigkeitszielen wird nach Einschätzung der Workshopteilnehmenden auch eine Anpassung bestehender Förderinstrumente in der zweiten Hälfte der 2020er einhergehen, in deren Rahmen Nachhaltigkeit zum zentralen Förderkriterium wird.

Weltweite Entwicklung in Richtung höherer Umwelt- und Klimaschutzstandards?

Die an den Workshops beteiligten Experten sind überwiegend zu der Auffassung gelangt, dass sich – potenziell mit einem gewissen zeitlichen Verzug – in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre auch in wichtigen Schwellenländern, und nicht zuletzt in China, strenge Umwelt- und Klimaschutzstandards etablieren, respektive verschärfen werden; dies würde zusätzliches Marktpotential für in Deutschland entwickelte nachhaltige textile Prozesse und Produkte bieten. Tatsächlich zeigt ein internationaler Vergleich ein differenziertes Bild: Deutschland kann keineswegs als klarer Vorreiter betrachtet werden, Länder wie China, Indien und Brasilien sind keineswegs inaktiv bei der Bewältigung globaler Umweltprobleme. So führen in China die Folgen von Klima- und Umweltschäden ebenfalls zu Forderungen nach größeren politischen Anstrengungen (Müller, 2018). Im aktuellen Klimaschutzindex belegen mit Indien und Brasilien zwei wichtige Schwellenländer Platzierungen unter den Top 25. Deutschland kommt in diesem Index, der Treibhausgasemissionen, den Anteil

³ Prognostizierter Anstieg des gesamtwirtschaftlichen Verbrauchs in Schwellenländern bis 2030 im Vergleich zum Ausgangswert 2015: 193 % weltweit, 343 % für Schwellenländer in Asien.

erneuerbarer Energien, den Energieverbrauch und die Klimapolitik einbezieht, auf Platz 23, nach Platz 27 im Vorjahr (Burck, Hagen, Marten, Höhne & Bals, 2019, S. 4; Burck, Hagen, Höhne, Nascimrzo & Bals, 2020, S. 9). China wird mit Platz 30, nach Platz 33 im Vorjahr, erneut besser bewertet. So gelang es dem Land, den Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix auszubauen. Fortschritte macht China auch bei der Regulierung von Industrie- und Gebäudeemissionen (Burck et al., 2019, S. 7; Burck et al., 2020, S. 9). Ab 2020 läuft nach vorangehenden Pilotprojekten (Sadeler, 2017, S. 9) der weltweit größte nationale Emissionshandel an (Feist, Haucap & Kehder, 2019, S. 4), worin eine enorme Chance liegen könnte, die Reduktionsziele zu erreichen (Burck et al., 2019, S. 7).

Die angeführten Befunde sprechen dafür, dass die mehrheitliche Einschätzung der Experten zutreffen könnte. Mit frühzeitigem Aufbau von Know-how bei der Entwicklung nachhaltiger Prozesse wären deutsche Textilhersteller in der Lage, marktfähige Lösungen anzubieten, um Industrien in China und aufstrebenden Schwellen- und Entwicklungsländern dabei zu unterstützen, verschärfte Umweltstandards einzuhalten, z. B. in Bezug auf Wasserverbrauch und -verschmutzung. Damit stellen diese Länder potenziell attraktive neue Absatzmärkte für Produkte und Prozesse dar, die zur Reduzierung von Ressourcenverbrauch und Umweltverschmutzung beitragen.

Nachfrage nach neuen Lösungen für dichter besiedelte urbane Räume

Die Urbanisierung ist in den vergangenen Jahren zu einem der dominierenden Megatrends geworden. Bereits 2015 rief die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in einer Analyse zur Urbanisierung „das Jahrhundert der Metropolen“ aus (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2015). Auch für den Textilsektor hat diese Entwicklung Auswirkungen. Nach Experten-

meinung wird das sich wandelnde Mobilitätsverhalten in urbanen Räumen auch die Anforderungen an textilbasierte Anwendungen und Produkte für den Mobilitätssektor verändern. Neue Formen der Mobilitätsdienstleistung wie Sharing-Services gewinnen rasch an Bedeutung. Multimodaler

AUF EINEN BLICK

Sozioökonomische Rahmenbedingungen 2025 bis 2030

- Vormalige **Schwellen und Entwicklungsländer** werden in Folge zunehmenden Wohlstands **zu neuen Absatzmärkten**, auch für hochwertige Spezialprodukte.
- Zusätzlich zur Abhängigkeit von US-Technologie- und Plattformanbietern steigt die **Abhängigkeit von chinesischen Technologie- und Plattformkonzernen** mit erheblichen Auswirkungen auf die Gestaltung von Vertriebswegen.
- **Sichtbarkeit von Klimafolgen** nimmt dramatisch zu.
- **Nachhaltigkeit** wird zum zentralen **Förderkriterium**.
- Doppelte **Akzeptanzschwelle** bis 2030:
 - Nachhaltigkeit wird als zentrales **Verkaufsargument** von weiten Teilen der Bevölkerung akzeptiert.
 - Breite gesellschaftliche Akzeptanz auch für **tiefgreifende ordnungspolitische Eingriffe** zugunsten von Klima und Umwelt
- Harte **Regulierungsschwelle** um 2030, z. B. Verbot von Mikroplastik abgebenden Stoffen, feste Recycling-Quoten, Einschränkung von Wasser- und Biomasseverbrauch
- Nachfrage nach neuen Lösungen für die Folgen von **Urbanisierung**, z. B. Lösungen im Bereich Mobilität, Nachverdichtung, Luftreinhaltung, Wassermanagement

Verkehr dominiert zunehmend die Lebensrealität von Pendlern (Follmer & Gruschwitz, 2019). Ob transformierbare Innenraumelemente oder textile Klimasysteme zur Regulierung von Temperatur, Feuchtigkeit und Gerüchen: Neue Mobilitätsformen verändern ganz erheblich die Anforderungen an textile Produkte im Verkehrssektor.

3.1.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035

Für die langfristige Perspektive bis in die 2030er Jahre fällt eine Antizipation möglicher Veränderungen der sozioökonomischen Rahmenbedingungen deutlich schwerer als für die Fünf- bis Zehnjahresperspektive.

AUF EINEN BLICK

Sozioökonomische Rahmenbedingungen 2030 bis 2035

- Verändertes Wettbewerbsumfeld: **Vormalige Entwicklungs- und Schwellenländer** nehmen zunehmend selbst die **Produktion hochwertiger technischer Textilien** auf.
- Bis 2035: **China ist technologisch auf Augenhöhe** mit deutschen Maschinen- und Anlagenbauern.
- Konsumgesellschaft im Wandel: Verändertes Verständnis von Wachstum und Wohlstand
 - **Gemeinwohlorientierung** entwickelt sich zu einer wesentlichen gesellschaftlichen Strömung.
- Vollständige **Nachverfolgbarkeit und Transparenz** aller Lieferketten wird erwartet.

Ausgehend von den zuvor getroffenen Annahmen halten es die Fachleute für möglich, dass sich die Wohlstandsentwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern in eine weiter wachsende wirtschaftliche Dynamik umsetzen wird. Sie dürften sich nicht mehr nur als Absatzmärkte für hochwertige und komplexe textile Produkte etablieren, sondern verstärkt als Produktionsstandorte für technische Textilien, wodurch sich potenziell das wettbewerbliche Umfeld für deutsche Textilhersteller verschärfen wird. Speziell für China gehen die Teilnehmenden der Workshops von folgender Situation aus: Bis etwa 2035 werden technische Kompetenzen und Kapazitäten soweit entwickelt sein, dass dortige Maschinenhersteller auch für komplexe Maschinen- und Anlagentechnik auf Augenhöhe mit deutschen Wettbewerbern stehen werden.

Das unterstellte steigende Umweltbewusstsein in Verbindung damit, dass sich Nachhaltigkeit als zentrales Handlungsmotiv politisch wie marktseitig durchsetzt, könnte langfristig zu einem veränderten Verständnis von Wachstum und Wohlstand führen (Humburg, 2012; Petschow et al., 2018). Die Workshopteilnehmenden halten es für denkbar, dass sich die aktuellen Entwicklungen zur Gemeinwohlökonomie und Sharing Economy langfristig gesellschaftlich durchsetzen könnten, was wesentliche Auswirkungen auf die Gestaltung textiler Geschäftsmodelle hätte. So würde die-

ser Einfluss zu einer Ausweitung kundenseitiger Ansprüche an die Nachverfolgbarkeit von Produkten führen. Gemeinwohl könnte auf diesem Wege neben Nachhaltigkeit ein weiteres zentrales Verkaufsargument werden. Nachverfolgbarkeitslösungen würden dann u. U. auch die Transparenz der Gemeinwohleffekte von Produkten erfassen. Langfristig lassen sich über derart fundamentale gesellschaftliche Entwicklungen jedoch kaum gesicherte Annahmen treffen. Dabei ist davon auszugehen, dass insbesondere kleine und mittlere Unternehmen der Branche von einer solch weitreichenden Veränderung profitieren werden. Schließlich verfügt der deutsche Mittelstand durch seine enge gesellschaftliche Einbettung über eine besonders großes Maß an Glaubwürdigkeit (Massis, Audretsch, Uhlener & Kammerlander, 2018).

3.2. Technologische Entwicklung

Auf Basis der zuvor identifizierten sozioökonomischen Rahmenbedingungen und ihrer individuellen Kenntnisse entwickeln die Experten im nächsten Schritt Annahmen über die Entwicklung technologischer Paradigmen und die Erreichung einer technologischen Marktreife.

3.2.1 Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025

Kurz- bis mittelfristig gehen die Teilnehmenden der Workshops aus von einer besonderen Dynamik bei der Verbreitung digitaler und der Entwicklung nachhaltiger Prozesse und Produkte sowie von der Verstärkung bestehender branchenübergreifender Kollaboration zur Produktentwicklung.

Digitalisierung zunehmend genutzt

Bis Mitte der 2020er Jahre rechnen die Experten mit einer sich stark beschleunigenden Verbreitung digitaler Abläufe entlang der gesamten textilen Prozesskette. Im Bereich des Prototypings stehen bereits heute marktreife additive Verfahren zur Verfügung, um die Entwicklung neuer Produkte zu verbessern. Das auf 3D-Druck basierende Prototyping wird sich daher in den kommenden Jahren stärker verbreiten. Andere digitale Schlüsseltechnologien werden ebenfalls für weite Teile textiler Prozesse in den kommenden Jahren die Marktreife erreichen; dadurch ermöglichen sie die vollständige digitale Abbildung von Wertschöpfungsprozessen sowie die Einbindung von Maschinen in die unternehmensweite Dateninfrastruktur. Eine nahezu komplett digitalbasierte Simulation

textiler Komponenten und Systeme wird zur Mitte der 2020er Jahre die Entwicklungszyklen stark beschleunigen. Einschränkend muss betont werden, dass die Simulation komplexer chemischer Prozesse möglicherweise erst langfristig – z. B. durch die Entwicklung und Verfügbarmachung von Quantencomputern (Bluhm, 2018) – realisiert werden dürfte. Für die technische Verwirklichung von Nachverfolgbarkeit stehen bereits kurzfristig Blockchain-Lösungen zur Verfügung.

Strukturell gehen die Fachleute davon aus, dass sich die tatsächliche Adaption digitaler Technologien nach Erreichung der Marktreife unterschiedlich schnell vollziehen wird. Insbesondere kleine Unternehmen der Branche dürften mittelfristig bei der Adaption noch zurückhaltend agieren. Neben den teilweise noch erheblichen aufzubringenden Investitionsvolumina sind viele Unternehmen hinsichtlich der eigenen Kompetenzen mit der Adaption komplexer digitaler Systeme überfordert. Auch bedarf es aus Sicht vieler Branchenakteure über den Nachweis der technischen Machbarkeit hinaus konkreter Erfahrungen: Inwieweit lassen sich digital abgebildete Prozesse in entsprechende Effizienzsteigerungen ummünzen? Unter welchen Umständen werden z. B. durch den Einsatz von Blockchain-Technologie nachverfolgbare Produkte und transparenzbasierte Services am Markt nachgefragt werden?

Die zunehmende Diffusion digitaler Technologien dürfte nach Einschätzung der Experten vor allem als Folge einer einsetzenden Reduktion von Investitionskosten erleichtert werden. Zudem dürfte sich die konkrete Adaption durch intuitivere Handhabung und individuelle Anpassung auf die unterschiedlichen Maschinenbestände bereits in den kommenden fünf Jahren erheblich vereinfachen. Bis 2025 könnten demnach rund 80 Prozent der textilen Produktion automatisiert werden.

Schnelle Fortschritte bei nachhaltigen Prozessen

Besonders der sich schon kurzfristig zuspitzende Anpassungsdruck auf die Branche wegen stärkerer Regulierung und erhöhter Energiekosten dürfte die Effizienzsteigerung von Energieproduktionsprozessen weiter beschleunigen. Bereits innerhalb der kommenden fünf Jahre erwarten die Experten hier erhebliche Fortschritte. Auch für den Wasserverbrauch und die Wasserverunreinigung sehen die Teilnehmenden der Workshops bis Mitte der 2020er Jahre deutliche Fortschritte, etwa durch den häufigeren Einsatz von Spinnfärbung.

Nachhaltige Produkte

Neben der Weiterentwicklung nachhaltiger Prozesse gehen die Experten davon aus, dass sich die Entwicklung nachhaltiger Produkte stark intensivieren wird. Dabei geht es einerseits um die Nachhaltigkeit von Produkten hinsichtlich ihrer Weiterverwertung am Ende des Lebenszyklus. Andererseits ist es die Zweckbestimmung textiler Komponenten und Systeme innerhalb der Anwenderbranche, etwa zur Vermeidung oder Verminderung von Umweltbelastungen.

Der steigende nachfrageseitige Fokus auf Nachhaltigkeit dürfte nach Experteneinschätzung dazu beitragen, dass sich in den kommenden fünf Jahren Textilunternehmen bereits während der Produktentwicklung mit der Gestaltung nachhaltiger Lösungen befassen werden. So dürften Prinzipien wie „Design for Recycling“ und „Design for 2nd/3rd Use Phase“ zum Ausgangspunkt der Produktentwicklung werden. In Bezug auf die Umwandlung textiler Produkte am Ende ihres Lebenszyklus werden dabei verstärkt auch solche Lösungsansätze und Stoffkreisläufe mitgedacht werden müssen, die nicht auf die Branchen bezogen sind. Speziell die Begrenzung weltweit vorhandener Ackerflächen zur Herstellung von Biomasseproduktion dürfte den Druck auf geschlossene Stoffkreisläufe deutlich erhöhen.

Ein wesentliches Entwicklungsfeld auf dem Weg zu neuen, nachhaltigen Produkten stellen Materialauswahl und -behandlung dar. Die Verwendung von Natur- und Recyclingfasern sowie die Optimierung ihrer Eigenschaften dürften in den kommenden fünf Jahren wesentliche Fortschritte machen. Dabei werden wegen knapper Landflächen zur Erzeugung von Naturfasern neue Formen der Aufzucht und des Anbaus, z. B. maritime Permakulturen, an Relevanz gewinnen. Entsprechende Ansätze sind schon heute vorhanden. Nach Einschätzung der Workshopteilnehmenden werden durch neue Möglichkeiten der Funktionalisierung auch recycelte und biologisch abbaubare Fasern in textilen Produkten für diverse Anwenderbranchen verarbeitet werden können.

Bei den für das Recycling notwendigen Prozesstechnologien erwarten die Experten in den kommenden fünf Jahren ebenfalls erhebliche Fortschritte. So werden neue Technologien zum Entfügen textiler Systeme und textilbasierter Verbundwerkstoffe die Marktreife erreichen und eingeführt werden.

AUF EINEN BLICK

Technologieentwicklung 2020 bis 2025

- Der zunehmende Einsatz **digitaler Simulation** textiler Produkte und Prozesse beschleunigt Entwicklungszyklen.
- **3D-Druck**-Technologie findet verbreitet Anwendung im Prototyping.
- Noch zu schließende Kompetenzlücken und Unsicherheit in Bezug auf die Amortisation führen zu teils **verzögerter Adaption digitaler Schlüsseltechnologien**.
- Steigender Kostendruck **beschleunigt die Adaption energieeffizienter Prozesse**.
- Produktentwicklung
 - orientiert sich verstärkt an den **Bedürfnissen des Endnutzers** und in Richtung System- statt Komponentenentwicklung,
 - vollzieht sich zunehmend **branchenübergreifend**, in Kollaboration mit Anwendungsbranchen,
 - nimmt Lebenszyklus des Produktes und die Folgenutzung aller Komponenten in den Blick (**Design for Recycling**).
- **Naturfasern** (auch) aus alternativen Quellen, z. B. maritime Permakulturen, In-vitro-Verfahren und Reststoffen aus dem Agrarsektor und der Lebensmittelindustrie werden verstärkt zum Ausgangsmaterial nachhaltiger Textilien.

Branchenübergreifende Kooperation und neue Anwendungsfelder

Einhergehend mit der Produktentwicklung, die sich immer mehr an Recyclingprinzipien orientiert, erwarten die Teilnehmenden der Workshops bereits kurzfristig eine weitere Veränderung. So werden schon heute textile Produkte vielfach nicht nur für, sondern mit Akteuren aus wichtigen Anwendungsbranchen entwickelt. Diese Tendenz dürfte sich in den kommenden Jahren noch erheblich verstärken. Dabei fokussieren Textilherstellende bei ihrer Entwicklung nicht nur den unmittelbaren Abnehmer, der z. B. textile Komponenten in seine Produkte integriert. Vielmehr orientiert sich Produktentwicklung zunehmend am Endverbraucher und seinen Bedürfnissen. Durch gezielte Vorwegnahme künftiger Bedürfnisse der Endanwendenden würde der Textilsektor insbesondere im Wettbewerb mit Anbietenden nicht-textilbasierter Lösungen seine Wettbewerbsposition erheblich verbessern, etwa im Bereich der Zulieferung für den Automobilbau und den Home- sowie Living-Bereich, und sich vom Wettbewerb abheben. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass eine stärkere Orientierung am Endverbraucher schon bei der Produktentwicklung neue Möglichkeiten eröffnen wird, textile Wertschöpfung weg von der primären Komponentenherstellung und hin zur Schaffung textilbasierter Systeme zu entwickeln.

Die Experten gehen davon aus, dass wesentliche technische Voraussetzungen für die Entwicklung neuer textilbasierter Systeme bereits in den kommenden fünf Jahren geschaffen werden können; insbesondere Lösungen zur textilbasierten Energieerzeugung werden benannt. Während hier kurzfristig vor allem textile Verbundbauteile für Windkraftanlagen und mittelfristig textile Solarzellen als relevante Anwendungen diskutiert werden, könnten sich langfristig auch neue Formen textilbasierter Energieerzeugung entwickeln lassen: z. B. Energiegewinnung aus Wasser und textilbasierte Verfahren für Power-to-Liquid-Verfahren.

Bis 2025 rechnen die Experten zudem mit einem Technologiesprung bei der Entwicklung textiler Filtersysteme für NO_x , CO_2 und Schall, etwa zur Anwendung in Fassadenelementen. Auch bei der Implementierung textiler Sensorik zur Steuerung komplexer Großsysteme, etwa im Bereich der Gebäudeverkleidung, können bis 2025 marktreife Technologien entwickelt werden.

3.2.2 Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030

Mittel- bis langfristig rechnen die Experten damit, dass sowohl bei der Etablierung automatisierter Prozesse als auch bei der Entwicklung nachhaltiger Produkte und Prozesse die antizipierten Entwicklungen voranschreiten.

Automatisierung schreitet voran

Nachdem bereits bis 2025 ein hoher Automatisierungsgrad erreicht werden dürfte, gehen die Teilnehmenden der Workshops davon aus, dass in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre technologische Barrieren beseitigt sein werden und eine nahezu vollständige Automatisierung textiler Prozesse möglich wird.

Konkret wird eine zunehmende Verbreitung robotischer Systeme in der Textilproduktion erwartet. Die Voraussetzung dafür dürfte in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre geschaffen werden, indem besonders die Herausforderung des Handlings von Textilien durch fortschreitende Entwicklungen im Bereich der Robotertechnik überwunden werden. Die schon fortgeschrittene Automatisierung dürfte speziell durch die Imple-

mentierung selbstlernender Prozesse beschleunigt werden. Additive Fertigungssysteme finden verstärkt Anwendung, die zuvor noch aufgrund ihrer hohen Spezialisierung und geringer Losgrößen nur eingeschränkt automatisiert werden konnten. Bis 2030 dürfte auch wegen der erwarteten Senkung der Investitionskosten für digitale Schlüsseltechnologien eine vollständige Automatisierung für nahezu alle textilen Prozesse realisierbar sein, wodurch die aus der demografischen Entwicklung resultierenden Herausforderungen für die Branche weitgehend gelöst wären.

Eine wesentliche infrastrukturelle Voraussetzung für die Echtzeitvernetzung der Produktion auch über Unternehmensgrenzen hinweg stellt nach Ansicht der Fachleute der Ausbau des 5G-Netzes dar. Während die Ausbaupläne der Bundesregierung einen Rollout bis 2025 vorsehen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI], 2017), sind die Teilnehmenden der Workshops zurückhaltend und rechnen mit einer vollständigen Netzabdeckung bis 2030.

Flexible Fertigungstechnologien

Eine höhere Flexibilität in der Gestaltung von Fertigungsprozessen dürfte mittel- bis langfristig vor allem durch Fortschritte bei additiven Produktionsverfahren möglich werden. So werden diese in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre die Marktreife im industriellen Maßstab erreichen. Weil die flexible Kleinstserienfertigung technisch realisierbar wird, erwarten die Fachleute, dass Micro-Factory-Systeme marktfähig werden.

Nachhaltigkeit in der Fertigung schreitet voran

Bei der Gestaltung nachhaltiger Prozesse rechnen die Experten mittel- bis langfristig mit einem erheblichen Entwicklungsfortschritt. Nach 2025 dürften demnach speziell in den Bereichen Färben und Ausrüstung nachhaltige Prozesstechnologien etabliert werden. Bis 2030 halten es die Teilnehmenden der Workshops daher für möglich, die Herstellung von Textilien nahezu ohne Wasserverbrauch und -verschmutzung zu etablieren.

Ebenfalls bis 2030 werden vollständig alttextilbasierte Produkte für weite Teile textiler Anwendungsgebiete, beson-

ders im Bereich der technischen Textilien, technologisch realisierbar und zu marktfähigen Preisen produzierbar sein.

Technische Realisation nachhaltiger textilbasierter Systeme

Bei der Entwicklung nachhaltiger Produkte erwarten die Fachleute, dass die bereits vor 2025 beginnende Orientierung an den Endnutzenden und die verstärkte branchenübergreifende Produktentwicklung zu einer stärkeren Ausbreitung komplexer textilbasierter Systeme führen wird.

Konkret wurde die Entwicklung textiler Gebäudehüllen mit Mehrfachfunktionalität genannt. So kann der für die erste Hälfte der 2020er Jahre erwartete Fortschritt bei textilbasierten Filtern dazu genutzt werden, Gebäudehüllen mit energietischer und filtrierender Funktionalität zu entwickeln.

Als weiteres Anwendungsfeld wurden selbstreinigende Textilien für den Mobilitätssektor und den Bereich „Home and Living“ genannt. In Folge urbaner Verdichtung und damit einhergehender neuer Mobilitätskonzepte, z. B. Carsharing, entstehen neue Bedarfe an textilbasierten Lösungen. So ist etwa die Beseitigung von Innenraumverschmutzungen äußerst reinigungsintensiv. Durch den Verbrauch von Energie und Wasser zur Reinigung ist dies für die Carsharing-Anbieter bereits heute ein erhebliches wirtschaftliches Problem (Dahlmann, 2019).

Andere zuvor analysierte Megatrends bieten für textilbasierte Lösungen aus Expertensicht mittel-

AUF EINEN BLICK Technologieentwicklung 2025 bis 2030

- Verstärkte Adaption **selbstlernender Prozesse**
- Fortschritte beim **flexiblen Handling von Textilien durch Roboter** und bei additiven Fertigungsverfahren
- **Sinkende Investitionskosten** für digitale Schlüsseltechnologien
- Bis 2030 wird die **nahezu vollständige Automatisierung** textiler Prozesse technologisch möglich.
- Fortschritte bei additiven Fertigungsverfahren ermöglichen **flexible Kleinstserienfertigung** im industriellen Maßstab.
- **Nachhaltige Prozesse** für Färben und Ausrüstung erreichen Marktreife.
- Bis 2030 wird die Produktion nahezu **ohne Wasserverbrauch und -kontamination** möglich.
- **Komplexe textilbasierte Systeme** für diverse Anwendungsgebiete, etwa Bau, Energiemanagement, Medizintechnik, Pflege, erreichen die Marktreife.

bis langfristig ebenfalls erhebliches Potential. So dürfte eine älter werdende Gesellschaft verstärkt auf die Unterstützung textilbasierter Produkte in Medizin, Pflege und Gesundheit angewiesen sein. Auch der Einsatz textiler Systeme zur Energieerzeugung könnte sich mittel- bis langfristig zu einem relevanten Geschäftsfeld entwickeln. Für diese Anwendungsbereiche entwickelte Lösungen werden in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre vermehrt die technologische Marktreife erreichen.

3.2.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035

Langfristig rechnen die Fachleute mit folgendem Szenario: Letzte Automatisierungslücken werden geschlossen, textile Kompetenzen im Bereich nachhaltiger Produkte und Prozesse lassen sich verstärkt auch auf nichttextile Anwendungen übertragen – und damit sind die technischen Voraussetzungen für die Erschließung neuer Geschäftsfelder geschaffen.

Lücken bei der Automatisierung werden geschlossen

Bereits bis 2030 erwarten die Fachleute wie zuvor ausgeführt, dass nahezu alle textilen Prozesse automatisiert sind, die gesamte Prozesskette digital hinterlegt ist und, teils bereits unter Einsatz selbstlernender Prozesse, autonom gesteuert wer-

Transfer textilen Know-hows und langlebige Funktionalisierung

Nachdem bereits Ende der 2020er Jahre Fortschritte bei der Entwicklung neuer Waschverfahren zum langfristigen Erhalt textiler Funktionalität erreicht werden könnten, gehen die Workshopteilnehmenden davon aus, dass der Lebenszyklus von Funktionstextilien substantiell verlängert wird, indem technologische Verfahren zur beständigen Funktionalisierung entwickelt werden.

Für die erste Hälfte der 2030er Jahre gehen die Experten zudem davon aus, dass auch das Entfügen nahezu aller textilen Systeme technisch realisiert werden kann. Darüber hinaus könnte Recyclingkompetenz insbesondere im Bereich des Entfügens komplexer Verbundwerkstoffe auch auf nichttextile Werkstoffe übertragbar sein: Damit würden die technischen Voraussetzungen geschaffen, auf lange Sicht neue Geschäftsfelder zu erschließen.

3.3 Neue Anwendungen und Geschäftsmodelle

Abschließend erörtern die Teilnehmenden der Workshops die Entwicklung textiler Anwendungen und Geschäftsmodelle von 2020 bis 2035. Hier fließen sowohl die identifizierten Trends und Entwicklungen im sozioökonomischen Kontext als auch die antizipierte Technologieentwicklung zusammen.

3.3.1. Kurzfristige Entwicklung – 2020 bis 2025

Die für den Zeitraum 2020 bis 2025 identifizierten Entwicklungen auf Ebene neuer Anwendungen und Geschäftsmodelle weisen darauf hin, dass sich in Folge zuvor ermittelter sozioökonomischer Entwicklungen Produkthanforderungen in unterschiedlichen Anwendungsbranchen wandeln. Die Veränderung technologischer Voraussetzungen führt sowohl zu

einer sich ändernden Vertriebsstruktur und einem neuen Verhältnis von Anbietern und Kundschaft als auch zum Aufbrechen etablierter Wertschöpfungsstrukturen.

Anwendungsbranchen Automobil, Home und Living als nachfrageseitige Treiber für nachhaltige Produkte

Laut Expertenmeinung führt bereits in den kommenden Jahren das stärkere Bewusstsein für

AUF EINEN BLICK Technologieentwicklung 2030 bis 2035

- Verbleibende **Automatisierungslücken werden geschlossen**.
- Bestehende Herausforderungen der **Interoperabilität** werden gelöst, auch in der Vernetzung über Unternehmensgrenzen hinweg, zwischen Produktionsanlagen und autonomen Logistik-/Intralogistiksystemen.
- Verfahren zur **beständigen Funktionalisierung** erreichen Marktreife.
- Prozesse zum **Entfügen komplexer textiler Systeme** erreichen Marktreife.
- **Textile Recyclingverfahren** lassen sich auf nichttextile Werkstoffe übertragen und anwenden.

den kann. Für den Zeitraum 2030 bis 2035 gehen sie davon aus, dass Automatisierungslücken geschlossen werden und autonome Fertigungssysteme für weite Teile der Branche adaptionsfähig werden. Weiter werden letzte Herausforderungen bei der Interoperabilität ausgeräumt und damit eine unternehmensübergreifende Vernetzung von Produktionsanlagen, zwischen Maschinen und Assistenzsystemen sowie die Umsetzung autonomer Logistik und Intralogistik für sämtliche Bereiche textiler Produktion möglich.

Umwelt- und Klimaschutz zu einer spürbaren Veränderung der Kundenanforderungen in wichtigen Anwendungsbranchen. Besonders im Automobilsektor und im Bereich Home und Living dürfte der Bedarf an nachhaltig produzierten textilen Komponenten rasch steigen. Einige Teilnehmende der Workshops berichten bereits von konkreten Erfahrungen, die auf eine solche Entwicklung hindeuten.

In dieser kurzfristigen Entwicklung liegt nach Einschätzung der Fachleute eine wesentliche Chance: Durch Adressierung des bereits kurzfristig steigenden Bedarfs kann die Textilindustrie ihre Kompetenzen in der Entwicklung und Herstellung hochwertiger, nachhaltiger Komponenten stärken, um proaktiv auch für andere Anwendungsbranchen nachhaltige textile Produkte zu entwickeln und frühzeitig Märkte für solche Produkte zu erschließen.

Besonders im Mobilitätssektor erkennen die Experten bis 2025 eine sich rasch wandelnde Nachfrage. So stellen veränderte Mobilitätskonzepte neue Anforderungen, z. B. an leichte, multifunktionale, transformierbare und leicht zu reinigende textile Komponenten.

Produktentwicklung fokussiert alternde Gesellschaft

Neben dem wachsenden Bewusstsein für Nachhaltigkeit und den veränderten Mobilitätsanforderungen im Zuge fortschreitender Urbanisierung sehen die Teilnehmenden der Workshops vor allem den demografischen Wandel als Trend, der schon in den kommenden fünf Jahren zu einer Veränderung der Nachfrage führen wird. So können bereits kurzfristig neue textilbasierte Produkte gezielt für die wachsende Bevölkerungsgruppe älterer Menschen entwickelt werden. Diese Gruppe benötigt in zahlreichen Lebensbereichen Unterstützung, die in vielen Fällen auch durch textilbasierte Applikationen erbracht werden kann. Denkbar ist die Integration von Sensoren und Wirkstoffreservoirs in Verbandsystemen, um die Wundversorgung zu optimieren und zu überwachen. Ein anderes Beispiel sind intelligente Orthesen, die ihre Funktionalität innerhalb eines Behandlungszeitraums selbstständig an den Genesungsfortschritt anpassen. Der Einsatz eines solchen Systems ist nicht nur für stark beeinträchtigte Personen denkbar, sondern auch zur Unterstützung von Menschen mit einseitiger körperlicher Belastung im Arbeitsumfeld. Derartige Produkte werden nach Einschätzung der Fachleute bis 2025 am Markt platziert werden. Das konkrete Beispiel der intelligenten Orthese verweist bereits darauf, dass Produkte für eine

alternde Gesellschaft nicht nur Senioren adressieren müssen. Vielmehr zeigt sich auch bei den sogenannten „Best Agern“ – Menschen jenseits der 50 – ein potenzieller Bedarf an Produkten, die den Alltag in dieser Lebensphase erleichtern werden. In einer gezielten Entwicklung von Produkten für diese wachsende Zielgruppen liegt, über den potenziellen Markterfolg solcher Anwendungen hinaus, auch eine strategische Chance: Noch stärker als bisher wird die Entwicklung textilbasierter Systeme – statt textilbasierter Komponenten – forciert.

Eine weitere Chance besteht anhand des letztgenannten Beispiels darin, neue Märkte auf Basis solcher Produkte für ein bereits kurzfristig wachsendes Kundensegment zu entwickeln. Im konkreten Fall werden bei der Herstellung intelligenter Orthesen für Menschen mit einseitiger körperlicher Belastung Kompetenzen aufgebaut, die zur Schaffung neuer Produkte für andere Anwendungsgebiete genutzt werden, z. B. für Produkte zur Entlastung des weiblichen Skeletts und der weiblichen Muskulatur im Laufe der Schwangerschaft.

Von der Forschung in den Markt: Wearable Electronics und Smart Textiles

Nachdem bereits seit Jahren intensiv an Lösungen im Bereich Wearable Electronics und Smart Textiles geforscht und entwickelt wird, gehen die Experten davon aus, dass tragbare elektronische Anwendungen in der ersten Hälfte der 2020er Jahre soweit ausgereift sein werden, dass sie für zahlreiche Anwendungsbereiche marktfähig sind. Entscheidend dafür, dass sich der Entwicklungsaufwand auch in wirtschaftlichem Erfolg niederschlägt, ist dabei die Aufnahmebereitschaft des Marktes für solche Applikationen. So dürfte die kurz- und mittelfristige Entwicklung des Marktes zu einem spürbaren Nachfrageschub nach Wearable Electronics in ersten Segmenten führen.

Ähnlich wird die Entwicklung bei Smart Textiles eingeschätzt. Bis 2025 werden Smart Textiles für diverse Anwendungsfelder produktreif sein. Konkret wurden von den Teilnehmenden der Workshops z. B. textile Solarzellen genannt. Damit könnten sich Mitte der 2020er Jahre neue Geschäftsfelder für Hersteller solcher Anwendungen eröffnen.

Endkunden zunehmend im Fokus

Nicht nur im Bereich der technologischen Entwicklung neuer Produkte wird nach Expertenschätzung der Fokus in den kommenden fünf Jahren stärker als bisher auf den Anwendungs-

AUF EINEN BLICK

Neue Anwendungen und Geschäftsmodelle 2020 bis 2025

- Gesellschaftliches **Bewusstsein für Nachhaltigkeit beginnt, marktwirksam zu werden:**
 - Neue Mobilitätsformen, z. B. Car- und Bikesharing, erhöhen die Nachfrage nach innovativen textilen Lösungen.
 - Marktseitige Treiber: Nachhaltig produzierte Textilien werden in ersten Anwendungsbranchen verstärkt nachgefragt (Automobil, Home/Living).
 - Kampagnen großer Fashion-Anbieter eröffnen den Weg, um beim Endverbraucher Bewusstsein für Nachhaltigkeit als Verkaufsargument zu schaffen.
 - Ein Markt für Mietkleidungsservices für Freizeit- und Sportbekleidung beginnt, sich zu entwickeln.
- Verstärkte Nachfrage nach **textilen Lösungen für die alternde Gesellschaft**
- **Wearable Electronics**, z. B. in Medizin, Pflege, Berufsbekleidung, und **Smart Textiles**, z. B. für Energiemanagement, werden von Anwendungsbranchen und Endkunden zunehmend akzeptiert.
- **E-Commerce** wird auch im B2B-Geschäft zum Standardvertriebskanal.
- Erste **datengestützte und hybride Geschäftsmodelle** entstehen: z. B. Mietkleidungsservices, digitale Nachverfolgbarkeitsservices.

branchen und den Anwendenden liegen. Auch im B2B-Marketing dürfte sich eine ähnliche Entwicklung vollziehen. Dies führt schon heute zu erkennbaren Veränderungen in der Gestaltung von Vertriebskanälen sowie hinsichtlich der Marketingstrategie, aktuell insbesondere in der Bekleidungsindustrie.

Bis 2025 dürfte sich die Bedeutung des Online-Vertriebs auch im B2B-Bereich deutlich ausweiten. Es wird erwartet, dass in den kommenden fünf Jahren nahezu der komplette Vertrieb über digitale Kanäle abgewickelt werden wird. Unternehmen, die keinen Online-Vertrieb anbieten, werden in den kommenden Jahren zunehmend vom Markt verdrängt werden. Ein Blick über den nationalen und sektoralen Tellerrand zeigt, dass die Textilindustrie damit einem massiven Trend folgen würde, der bereits seit Jahren zu beobachten ist. Selbst digitale Lösungen wie Chatbots, die aus dem B2C-eCommerce nicht mehr wegzudenken sind, breiten sich auch im Bereich des B2B-Vertriebs rasant aus (Accenture, 2018).

Nicht nur hinsichtlich der instrumentellen Ausrichtung des Vertriebs, sondern auch bezogen auf langfristige Marketingstrategien erwarten die Teilnehmenden der Workshops für die kommenden fünf Jahre eine spürbare Veränderung. Bereits heute werben auch konventionelle Modemarken mit Produkten aus Recyclingfasern. Tatsächlich verbergen sich dahinter derzeit lediglich Pro-

dukte aus teilweise recycelten Fasern. Dennoch besteht nach Einschätzung der Fachleute in solchen, auf den Massemarkt zielenden Kampagnen für die gesamte Branche mittel- bis langfristig eine Chance. Werben große Marken im B2C-Geschäft mit Produkten aus Recyclingfasern, nutzen sie diese kurzfristig, um in einem zunehmend auf Nachhaltigkeit achtenden Marktumfeld zusätzliche und teils hochpreisige Produkte zu vermarkten. Auf Dauer könnte dies dazu führen, dass breitere Kundenschichten künftig den Grad der Nachhaltigkeit von Produkten verstärkt als Verkaufsargument akzeptieren werden. Im Sinne einer „Pull-Strategie“, bei der die Bedürfnisse der Endanwendenden gezielt entwickelt werden, könnten entsprechende Nachfrageimpulse zu einem Sogeffekt beitragen – und damit zu einer Entwicklung in Richtung nachhaltigkeitsorientierten Produktdesigns und nachhaltigerer Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Wertewandel einer sich differenzierenden und bewusster lebenden Gesellschaft wird zunehmend marktwirksam

Bereits kurz- und mittelfristig erwarten die Experten, dass sich das wachsende Bewusstsein für Nachhaltigkeit nicht nur in den politischen, sondern auch in den Konsumententscheidungen umsetzen wird. Besonders im Bereich Home und Living gehen sie von einer verstärkten Nachfrage für nachhaltige Produkte aus. Hier gilt jedoch, ähnlich wie in anderen textilen Anwendungsbranchen, dass kurz- bis mittelfristig die Preissensitivität eine rasche Marktdurchdringung behindern wird und sich entsprechende Präferenzen ausprägen müssen. Zuvor beschriebene Aktivitäten großer Modeanbieter könnten dabei längerfristig durchaus zu einem veränderten Kundenbewusstsein führen. Das konsumentenseitige Spannungsverhältnis von steigendem Nachhaltigkeitsbewusstsein einerseits und Preissensitivität andererseits wird schon mittelfristig Mietkleidungsservices als hybride Geschäftsmodelle hervorbringen. So dürften solche, derzeit vor allem aus dem Bereich der Berufsbekleidung bekannten Hybride zur Mitte der 2020er Jahre verstärkt auch den Markt für Freizeit- und Sportbekleidung erobern.

Über das Thema Nachhaltigkeit hinaus wird kurz- und mittelfristig ebenfalls die zunehmende Differenzierung von Lebenswelten zu einer veränderten Nachfrage führen. So wird sich in einer

alternden Gesellschaft das Komfortbedürfnis der Kundschaft weiter erhöhen. Dadurch könnten Produkte, wie die zuvor beschriebenen intelligenten Orthesen für den Ausgleich einseitiger körperlicher Beanspruchung im Arbeitsalltag, bereits kurzfristig einen Markt finden. Damit ist eine Facette der sich an individuellen Bedürfnissen orientierenden Konsumgesellschaft beschrieben. Nach Auffassung der Fachleute wird so bis Mitte der 2020er Jahre der Wandel hin zu einer (massen)individualisierten Fertigung eingeleitet, der bereits länger antizipiert wird, jedoch bislang nicht auf dem Massenmarkt durchschlägt.

Datengetriebene Wertschöpfung und Verschmelzung von Produkt- und Service-Economy

Bereits für den Zeitraum 2020 bis 2025 erwarten die Experten erste strukturelle Veränderungen auch auf der Ebene textiler Geschäftsmodelle. Das Potential datengetriebener Wertschöpfung und die Entwicklung in Richtung hybrider Geschäftsmodelle dürften sich zunehmend auch im Textilsektor zeigen.

Ein unmittelbarer Ansatzpunkt für die Entwicklung neuer Services sind erhöhte Kundenanforderungen an die Transparenz von Lieferketten. Nachverfolgbarkeit als zusätzliche Leistung könnte sich für erste textile Anwendungsgebiete etablieren und für Textilherstellende eine Erweiterung ihres Geschäftsmodells um eine Servicekomponente bedeuten. Perspektivisch bieten adaptive und verlässliche Nachverfolgbarkeitslösungen auch den Einstieg in Cradle-to-Cradle-Services.

Die von den Workshopteilnehmenden angenommenen Verbreitung von Wearable Electronics und Smart Textiles eröffnet ein breites Feld für potenzielle Geschäftsmodellinnovationen. Speziell Anwendungen, die über integrierte Sensorik Daten erfassen und mit anderen Devices bzw. einer externen Infrastruktur kommunizieren, bieten Potential zur Entwicklung datenbasierter Services.

Andere aufkommende, nicht genuin digitale Geschäftsmodelle, wie ein bereits diskutierter Mietservice für Freizeit- und Sportbekleidung, lassen sich sowohl mit Blick auf Front- als

auch auf Backendprozesse bereits mittels digitaler Plattformen effizienter und nutzerfreundlicher administrieren.

Laut Expertenmeinung dürften hybride und digitalgestützte Geschäftsmodelle im Textilsektor kurz- bis mittelfristig zunächst die Ausnahme bleiben. Jenen Unternehmen, die solche innovativen Konzepte frühzeitig entwickeln, bietet sich jedoch die Chance, im Bereich service- und datenökonomischer Geschäftsmodelle frühzeitig Kompetenzen aufzubauen. Mittel- bis langfristig könnten sie damit zu den Gewinnern einer Entwicklung hin zu hybriden Wertschöpfungsstrukturen gehören, die sich über alle Branchen hinweg vollziehen wird.

3.3.2. Mittelfristige Entwicklung – 2025 bis 2030

Mittel- bis langfristig erwarten die Fachleute ein wachsendes Bewusstsein für das Potential und wachsende Akzeptanz textilbasierter Lösungen in diversen Anwendungsgebieten, eine zunehmende Integration von Wertschöpfungsstrukturen und die Emanzipation von Nachhaltigkeit als wirksames Differenzierungselement im Wettbewerb.

Verbreitung und wachsende Akzeptanz textiler Anwendungen

Während Textilforschung und Textilindustrie gegenwärtig bereits für ein breites Feld an Anwendungsbereichen innovative Lösungen ent-

AUF EINEN BLICK

Neue Anwendungen und Geschäftsmodelle 2025 bis 2030

- Zunehmendes Bewusstsein und **wachsende Akzeptanz für textilbasierte Lösungen**, z. B. im Mobilitätssektor, im Bereich Home und Living sowie im Bausektor
- Nachhaltige Prozesse werden zum wirksamen **Differenzierungsmerkmal**:
 - **Longtail**-Geschäftsmodelle werden realisiert (B2C)
 - **Separation** als Zusatznutzen (B2B)
- Verstärkte Orientierung an den Bedürfnissen der Endanwendenden wirkt als Katalysator für die **Entstehung von Wertschöpfungsnetzwerken** sowie die Transformation von der Komponenten- zur **Systemherstellung**.
 - Koordinationsbedarf an der **Schnittstelle von Wertschöpfungsnetzwerken** begünstigt die Entwicklung neuer intermediärer Geschäftsmodelle (Netzwerkmanagement).
 - Perspektivisch können sich Netzwerkmanagementorganisationen zu digitalen **Matchmaking- und Entwicklungsplattformen** weiterentwickeln.
- (Lokale) **Digital-on-Demand**-Produktion ermöglicht neue Geschäftsmodelle.
- **Pay-by-Use** wird zum Standard-Abrechnungsmodell für Textilmaschinen.
- **Textile Kompetenzen** werden zur Basis neuer **Services**: z. B. Wasch- und Aufbereitungsservices für funktionale Textilien, Cradle-to-Cradle-Services.

wickeln, sind Anwendermärkte vielfach nicht aufnahmebereit. Während dies für textile Lösungen, etwa im Bereich Bau, u. a. den mangelnden Standards und einem hohen Kostendruck in den Anwenderbranchen geschuldet ist (Apt et al., 2019, S. 80–82), sprechen die Workshopteilnehmenden ganz grundsätzlich von einem wenig verbreiteten Bewusstsein für das Potential textilbasierter Lösungen in relevanten Anwendungsbereichen. Speziell im Zusammenhang mit steigender Nachfrage nach funktionalen Textilien, etwa als Folge einer alternden Gesellschaft, und textilbasierten Anwendungen zur Vermeidung von Umwelt- und Klimaschäden dürfte mittel- bis langfristig das Bewusstsein wachsen – und damit einhergehend auch die Akzeptanz textiler Lösungen. Die Experten nennen als besonders relevante Anwendungen/Anwendungsfelder neben dem Mobilitätssektor (z. B. textilbasiertes Car-Cleaning) Home und Living (etwa textilbasierte Smart-Home-Lösungen, transformierbare Strukturbaulemente, textiles Lichtmanagement), den Bausektor (z. B. Gebäudehüllen mit mehrfacher Funktionalität), Energieerzeugung (etwa textilbasierte Energieerzeugung und Speicherung) und Querschnittsanwendungen wie spezifisch regelungsfähige Smart Textiles.

In den vorgenannten Anwendungsbereichen dürften sich textilbasierte Lösungen bis Ende der 2020er Jahre zunehmend verbreiten. Die damit verbundene stärkere Orientierung an den Endnutzenden könnte dabei als Katalysator für die Transformation der Textilunternehmen von Komponenten- zu Systemherstellern wirken.

Integrierte Lieferketten entwickeln sich zu Wertschöpfungsnetzwerken

Besonders wegen der schon für 2020 bis 2025 antizipierten Ausweitung der branchenübergreifenden Produktentwicklung und der für den Zeitraum 2020 bis 2030 angenommenen stärkeren Verbreitung textilbasierter Lösungen in diversen Anwendungsbranchen gehen die Teilnehmenden der Workshops von einer stärkeren Integration der Lieferketten hin zu kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerken bis 2030 aus. In der zweiten Hälfte der 2020er Jahre könnten sich solche Strukturen immer mehr zum Kern textiler Geschäftsmodelle entwickeln: So könnten Textilhersteller z. B. Netzwerke und Kompetenzen entwickeln, die es ihnen erlauben, für die Lösung spezifischer Kundenanforderungen schnell und flexibel Unternehmen verschiedenster Produktionsstufen, Zuliefernde und Anwendende zusammenzubringen und den Co-Kreation-Prozess zu steuern. Zu Beginn der 2030er Jahre könn-

ten daraus digitale Entwicklungs- und Matchmaking-Plattformen entstehen, die kollaborativen Wertschöpfungsstrukturen ermöglichen, die sich zunehmend von räumlichen Netzwerken emanzipieren.

Flexible, dezentrale Produktion

Die antizipierte technologische Marktreife von Micro-Factories zur Mitte der 2020er Jahre dürfte in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts verstärkt zu Produktions- und Vertriebskonzepten führen, die auf Realisation Customization basieren. So könnten Textilhersteller auf den vermuteten Bedeutungsgewinn individualisierter Produkte reagieren. Bis 2030 gehen die Fachleute schließlich davon aus, dass Digital-on-Demand-Geschäftsmodelle und lokale Produktionseinheiten in der Breite Teil textiler Geschäftsmodelle werden.

Nachhaltige Produkte und Prozesse werden ein wirksames Differenzierungsmerkmal und rücken in den Fokus textiler Wertversprechen

Während bereits die Verbreitung von On-Demand-Produktion und die Umsetzung präziser, verschnittarmer und endkonturnaher Fertigungsverfahren wesentlich zur Nachhaltigkeit im Textilsektor beiträgt, könnte sich mittel- bis langfristig die Struktur des textilen Konsums grundlegend verändern. So ermöglichen digitale Vertriebsstrukturen zusammen mit flexiblen Fertigungstechnologien die Verbreitung von Longtail auch auf den vormaligen Massenmärkten des B2C-Geschäfts.

Der technologische Fortschritt beim textilen Recycling im Allgemeinen und beim Entfügeverfahren im Speziellen wird es in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre zudem erlauben, Separation als Zusatznutzen im B2B-Geschäft sowie textile Komponenten mit diesem Zusatznutzen zu vermarkten und darüber hinaus mit diesem Prozess-Know-how neue Services zu entwickeln. Dabei dürften außerdem im internationalen Wettbewerb ressourceneffiziente Prozesse verstärkt zum Wettbewerbsvorteil werden. So lassen sich transparente Lieferketten nicht nur in den meisten Anwendungsbranchen technisch umsetzen, sie werden auch von immer mehr Abnehmerbranchen eingefordert.

Insgesamt erwarten die Experten, dass es dem Textilsektor im Zeitraum von 2025 bis 2030 verstärkt gelingen wird, seine Kompetenz in der Gestaltung von Produktions- und Recyclingprozessen vermehrt in Wert zu setzen. Produkte aus Cellulosefasern, die die Marktreife erlangen, wer-

den zunehmend Absatz finden. Ende der 2020er Jahre wird zudem mit einer steigenden Nachfrage nach sortenreinen textilen Systemen gerechnet.

Service Economy

Gerade der leichtere Zugang zu digitalen Schlüsseltechnologien und die Entwicklung der Textilunternehmen von Komponenten- zu Systemherstellern könnte die Ausprägung hybrider und servicebasierter Geschäftsmodelle unterstützen. Für die zweite Hälfte der 2020er Jahre gehen die Teilnehmenden der Workshops davon aus, dass sich Pay-by-Use im Textilmaschinenbau bereits zum Standardgeschäftsmodell entwickelt haben wird. Auch für Textilherstellende dürften sich in diesem Zeitraum in diversen Anwendungsbereichen hybride Geschäftsmodelle entwickeln lassen. Besonders dazu beitragen wird die unterstellte Preissenkung für digitale Schlüsseltechnologien. Im Bereich des Bauens können z. B. „Predictive Maintenance Services“ für mit Sensorik ausgestattete Bauelemente sowie smarte Licht-, Akustik- und Temperatursteuerung Anwendung finden. Ebenfalls in der Medizintechnik können intelligente Sensoren, etwa in der Kleidung, frühzeitig vor gesundheitlichen Risiken und Verschleißerscheinungen warnen. Und auch im Bereich Home und Living sind viele, bereits heute in der Entwicklung befindliche, Lösungen denkbar, die über textile Sensorik und Aktorik Menschen entlasten sowie ihr Wohlbefinden oder ihre Gesundheit aktiv fördern.

Dass sich die von den Experten entwickelte zeitliche Perspektive für eine zunehmende Verbreitung textilbasierter Lösungen mit entsprechendem Zusatznutzen potenziell plausibilisieren lässt, legt ein exemplarischer Blick auf den „Smart Home“-Markt nahe. Gerade weil textile Komponenten und Produkte im häuslichen Umfeld verbreitet sind, stellt dieser Markt ein relevantes Anwendungsfeld dar. Ausgehend von sinkenden Kosten für digitale Technologien in den kommenden zehn Jahren und einer zunehmenden Gewöhnung von Verbrauchenden an das Teilen von Daten wie an Pay-by-Use-Modelle erscheint die Annahme nachvollziehbar, dieser Markt werde als textiler Anwendungsbereich in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre zunehmend relevant. Bereits heute besteht ein substantielles Interesse an vernetzten Smart-Home-Systemen in der Bevölkerung. Bisher sind vor allem Sicherheit und Komfort entscheidende Kaufmotive. Dabei scheint der Preis, neben der Zufriedenheit mit der Funktionalität, immer noch eine sensible Komponente zu sein. So entscheiden sich vor allem Haushalte mit höheren Einkommen für Smart-Home-Technologie. Die Bereitschaft, in

diesem Zusammenhang Nutzungsdaten zu teilen und für mit Smart-Home-Anwendungen verbundene Zusatzdienste zu zahlen, ist bei jungen Menschen deutlich ausgeprägter als bei denen mittleren und höheren Alters (Deloitte, 2018).

Unabhängig vom konkreten Anwendungsfeld gehen die Teilnehmenden der Workshops davon aus, dass sich bis 2030 umfangreiche, auf textiler Kompetenz aufbauende Services zu marktfähigen Geschäftsmodellen entwickeln lassen. Konkret werden dabei z. B. Wasch- und Aufbereitungsservices für funktionale Textilien sowie Cradle-to-Cradle-Services genannt, etwa im Sinne von Fast Fashion Cycles. Die zeitliche Verortung solcher Geschäftsmodelle um das Jahr 2030 lässt sich auf Basis der von den Fachleuten getroffenen Annahme plausibilisieren, dass es neben einer regulierungs- auch zu einer verbraucherseitigen Akzeptanzschwelle kommen wird, in deren Zusammenhang sich Nachhaltigkeit zu einem wesentlichen Verkaufsargument auch in weiten Teilen des Endkundengeschäfts entwickeln würde.

3.3.3 Langfristige Entwicklung – 2030 bis 2035

Für den Zeitraum nach 2030 erwarten die Teilnehmenden der Workshops, dass sich bei Anwendungen und Geschäftsmodellen die Entwicklung zu flexibler wie dezentraler Produktion fortsetzt und Nachhaltigkeit bei Kaufentscheidungen von der Kundschaft als Selbstverständlichkeit erwartet wird. Dabei ist von einer besonderen Dynamik der schon zuvor einsetzenden Entwicklungen auszugehen, unterstellt man die antizipierte mögliche Akzeptanz- und Regulierungsschwelle.

Dezentralisierung setzt sich fort

Zu Beginn der 2030er Jahre dürften sich textile Geschäftsmodelle grundlegend transformieren. Mass Customisation wird zum wesentlichen Geschäftsmodell im B2C-Geschäft werden. Neben individuellen 3D-gedruckten Anwendungen, etwa in der Medizintechnik, können sich auch auf dem Modemarkt 3D-gedruckte Produkte in der Breite durchsetzen. Neben lokaler On-Demand-Produktion wird es nach Einschätzung der Experten bis 2035 auch zu einer Entwicklung hin zum textilen Prosumenten 4.0 kommen, also zu einer Textilproduktion, die durch flexible und additive Herstellungsverfahren in das häusliche Umfeld zurückkehren wird.

AUF EINEN BLICK

Neue Anwendungen und Geschäftsmodelle 2030 bis 2035

- Kunden nehmen **Nachhaltigkeit** von Produkten und Prozessen als **selbstverständlich** wahr.
- **Lokale, flexible, bedarfsorientierte Fertigung** sind Standard-Geschäftsmodelle.
- 3D-gedruckte Mode kommt in der Breite des Marktes an und ermöglicht perspektivisch die Entwicklung des Kunden zum **Prosumenten 4.0.**
- **Mietkleidungsservices** lösen Kleidungskauf als **Standard-Vertriebsmodell** in der Modeindustrie ab.
- Verbreitung und **Diversifizierung textilbasierter Lösungen** in diversen Anwendungsbranchen setzt sich weiter fort.
- 2035: Kompetenzen im Bereich **Nachhaltigkeit als Hebel** für eine erfolgreich abgeschlossene Transformation der Branche **von der Komponenten- zur Systemherstellung**

Mietservices lösen Kaufoption ab

Langfristig gehen die Experten davon aus, dass Mietservices den kaufbasierten Konsum im Textilbereich in Folge einer strikten Regulierung von Stoffkreisläufen und sich wandelnder kundenseitiger Präferenzen weitgehend ablösen werden. Ebenfalls langfristig zukunftsfähig wären damit vor allem solche Geschäftsmodelle, die auf entsprechende Marktveränderungen eingerichtet sind. Als Beispiel werden Vertriebs-, Sammel- und Aufbereitungsservices genannt, ebenso wie die bereits zuvor diskutierten Cradle-to-Cradle-Services, die bis 2035 zu einem wesentlichen Geschäftsmodell werden dürften.

Differenzierung textilbasierter Lösungen und Diversifizierung der Anwendungsgebiete setzt sich fort

Nachdem bereits für die zweite Hälfte der 2020er Jahre ein wachsendes Bewusstsein für und eine breitere Akzeptanz von textilbasierten Lösungen in diversen Anwendungsgebieten angenommen wird, gehen die Workshopteilnehmenden davon aus, dass sich dieser Trend weiter verstärken werde und dabei auch komplexe textilbasierte Systemlösungen realisiert sowie am Markt platziert werden. Für den Anwendungsbereich Medizin werden hier neben gedruckten textilen Applikationen smarte, wirkstoffabgebende Textilprodukte genannt. Im Bereich der Bau- und Energiewirtschaft werden insbesondere Systeme zum textilen Feuchtigkeitsmanagement (z. B. textile Nebelfänger), zur Energiespeicherung – wie drucklose Wasserstoffspeicher, die unter Ausnutzung der Porosität textiler Flächen eine drucklose Energiespeicherung ermöglichen – sowie zur

Bindung und Speicherung von CO₂ genannt.

Vision 2035: Textil als Werkstoff der Zukunft und Vollendung der Transformation

Auffällig ist, dass fast alle für den Zeitraum 2030 bis 2035 diskutierten neuen Anwendungen und Geschäftsmodellveränderungen unmittelbar Bezug zum Thema Nachhaltigkeit haben. Darin spiegelt sich die für das Jahr 2035 von den Fachleuten formulierte Vision wider, dass sich Textil innerhalb der kommenden 15 Jahre als der nachhaltige Werkstoff der Zukunft etablieren wird.

Langfristig könnte der Branche die Transformation vom Komponenten- zum Systemhersteller insbesondere über den Hebel ihrer Kompetenzen in der Entwicklung nachhaltiger Produkte und der Beherrschung nachhaltiger Prozesse gelingen.

4 · Datenanalyse

Um die expertenbasiert entwickelte Roadmap zur Zukunft von Textilforschung und Textilindustrie kontextualisieren und vor dem Hintergrund des Status quo einordnen zu können, wird der partizipative Prozess um eine Analyse von Publikations- und Förderdaten ergänzt. Dabei geht es darum, eine Verortung der deutschen Textilforschung im internationalen Vergleich vorzunehmen sowie thematische Trends und Entwicklungen sichtbar zu machen.

4.1 Publikationsdaten

4.1.1 Internationale Forschungsthemen

In einem ersten Analyseschritt wurden in der verwendeten Datenbank Scopus® sämtliche, weltweit unter dem Stichwort „textil*“ verzeichnete Publikationen⁴, für den Zeitraum 2015 bis Oktober 2019 erfasst. Die Abfrage ergab 31 022 Beiträge.

In Abbildung 3 ist ein deutlicher Anstieg der Publikationszahlen erkennbar. Seit 2015 stiegen sie um mehr als 20 Prozent, was auf eine Ausweitung der weltweiten Forschungsaktivität zum Thema Textil hinweisen könnte. Der Rückgang der Publikationszahlen 2019 ist auf den Zeitpunkt der Datenabfrage und die teilweise erst mit Verzögerung verzeichneten Veröffentlichungen zurückzuführen.

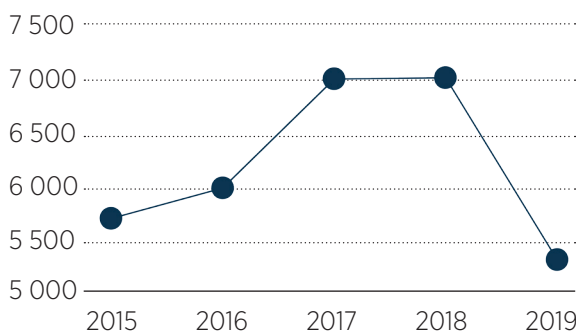


Abbildung 3: Anzahl aller Publikationen zum Stichwort „textil*“ 2015 bis 2019

Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung

Eine Aufschlüsselung der für den betrachteten Zeitraum verzeichneten Publikationen nach Ländern zeigt, wo international am meisten im Themenfeld publiziert wurde (Abbildung 4). Deutschland liegt dabei hinter China, den Vereinigten Staaten und Indien auf Platz vier. Innerhalb Europas ist es damit Spitzenreiter vor dem Vereinigten Königreich, der Türkei und Italien. Insbesondere

der Vergleich zu Italien ist bemerkenswert. Schließlich verfügt das Land EU-weit über die mit Abstand größte Wertschöpfung in der Textil- und Bekleidungsindustrie (textil+mode, 2018b, 23, 25; Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr [SMWA], 2018, S. 2). Die Forschungsintensität ist in Deutschland trotzdem ungleich größer.

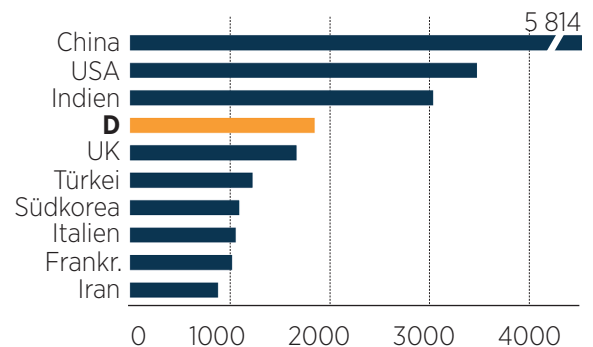


Abbildung 4: Publikationen nach Ländern

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

Eine Aufschlüsselung nach Institutionen zeigt, welche Forschungseinrichtungen mit den meisten Publikationen im ausgewerteten Datensatz vertreten sind (Abbildung 5). Die fünf Institutionen mit den meisten Veröffentlichungen haben ihren Sitz in China. An sechster Stelle liegt die RWTH Aachen, an siebter die TU Dresden. Wengleich Deutschland bei der Publikationsanzahl hinter China, den Vereinigten Staaten und Indien auf Platz 4 liegt, veröffentlichen nur fünf chinesische Institutionen mehr als die beiden publikationsstärksten deutschen Hochschulen. Damit liegen sowohl RWTH Aachen als auch TU Dresden noch vor der veröffentlichungsstärksten US-Forschungseinrichtung, der North Carolina State University.

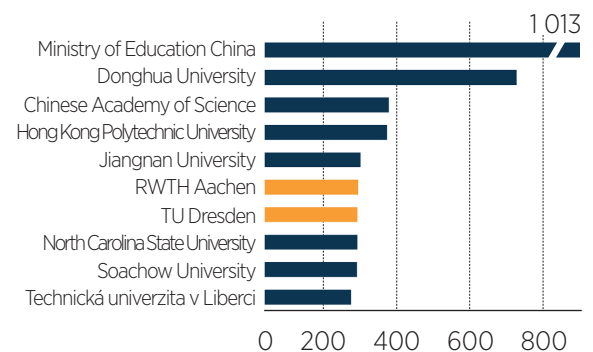


Abbildung 5: Publikationen nach Institutionen

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

⁴ Dazu zählen u. a. Artikel, Reviews, Monographien, Beiträge in Sammelbänden, Conference Paper, Conference Reviews.

Eine Aufschlüsselung der verzeichneten Publikationen nach Disziplinen (Abbildung 6) zeigt, in welchen Fachbereichen besonders intensiv zu textilen Themen geforscht wird. Mit rund 22 Prozent bzw. 20 Prozent⁵ sind die meisten Publikationen in den Material- und Ingenieurwissenschaften verzeichnet. Dahinter liegen mit rund 8 Prozent Chemieingenieurwesen und Chemie mit 7 Prozent.

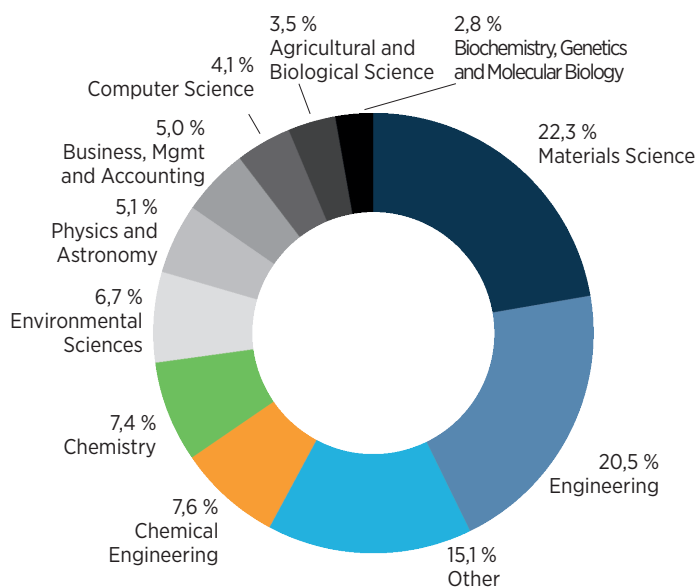


Abbildung 6: Publikationen nach Disziplinen
(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

Erkennbar ist, dass Textil ein hochgradig interdisziplinäres Forschungsthema ist. So beschäftigt sich neben den vorgenannten Disziplinen ein breites Spektrum an Fachgebieten aus Umweltwissenschaften, Physik und Astronomie, Agrar- und Biowissenschaften sowie aus Biochemie, Genetik und Molekularbiologie in erheblichem Maße mit textilen Themen. Bemerkenswert sind auch die Publikationsanteile aus der Betriebswirtschaftslehre und den Computerwissenschaften.

Um aktuelle Forschungsschwerpunkte zu identifizieren, die über die Verteilung nach Disziplinen hinausgehen, erfolgt die softwaregestützte, quantitative Analyse von Überschriften und Abstracts der zugrundeliegenden Publikationen. Hierzu wurden ausschließlich Konferenzbeiträge ausgewertet. Erstens erlaubt die Analyse von Konferenzbeiträgen eine Identifikation aktuellster Forschungsthemen besser als bei der Auswertung sämtlicher Publikationen. Anders als bei Artikeln in Peer-reviewed-Journals, Monografien und Sammelbänden, werden bei Konferenzen in der Regel

die aktuellsten Themen vorgestellt und diskutiert, die sich vielfach noch in der Bearbeitung und damit im Vorveröffentlichungsstadium befinden. Zweitens sind die zunächst extrahierten Daten von mehr als 30 000 Publikationen für die verwendeten Topic Model Tools weniger gut zu handhaben als eine etwas geringere Datenmenge. Der nachfolgend vorgestellten Analyse liegen somit alle unter dem Stichwort „textil“ verzeichneten 5102 Konferenzbeiträge im Zeitraum 2015 bis Oktober 2019 zugrunde.

Abbildung 7 zeigt das Ergebnis der Topic-Model-Analyse. Die Schriftgröße der abgebildeten Begriffe zeigt die Häufigkeit der Wörter innerhalb des untersuchten Datensatzes. Die Nähe der Begriffe zueinander verdeutlicht, welche Wörter häufig in einem Konferenzbeitrag zusammen vorkommen. Basierend auf der Nähe der Begriffe zueinander, wurden fünf Cluster identifiziert: Virtual Reality und Augmented Reality (1. v. o.) Smarte Textilien (2. v. l.), textile Antennen (1. v. l.), Funktionalisierung (3. v. l.), Verbundwerkstoffe (1. v. r.), Kreislaufwirtschaft (2. v. o.).

Im nächsten Schritt erfolgt eine kurze Zusammenfassung der identifizierten Themenspektren auf Basis der meistzitierten Reviews und Artikel innerhalb der jeweiligen Cluster. Zum Thema Funktionalisierung und Ausrüstung erfolgt in Kapitel 4.1.3 eine gesonderte Analyse.

Virtual Reality und Augmented Reality

Das Themencluster Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) bildet ein relativ diverses Feld an Publikationen ab, die sich mit dem Einsatz von AR und VR in textilen Prozessen befassen. Dabei geht es vor allem um den Bereich Retail und Cyber-Physical Production Systems (CPPS).

Im Anwendungsfeld Retail betrifft die Nutzung von AR- und VR-Technologie insbesondere die Frage, wie das Verkaufserlebnis für die Konsumentenden gestaltet werden soll. Wissenschaftliche Veröffentlichungen befassen sich dabei sowohl mit der Veränderung der Verkaufssituation im stationären und im Online-Handel als auch mit Fragen hybrider Konzepte. Damit adressiert die Forschung an dieser Stelle eine wesentliche Gestaltungsfrage zukunftsfähiger Verkaufskonzepte auch im Bekleidungsvertrieb. Insgesamt ist im Einzelhandel ein Trend zur Gestaltung von (digitalen) Erlebnisräumen zu erkennen, innerhalb derer sich Beratung und Verkauf vollziehen (Glock et al., 2019).

⁵ Angaben gerundet.

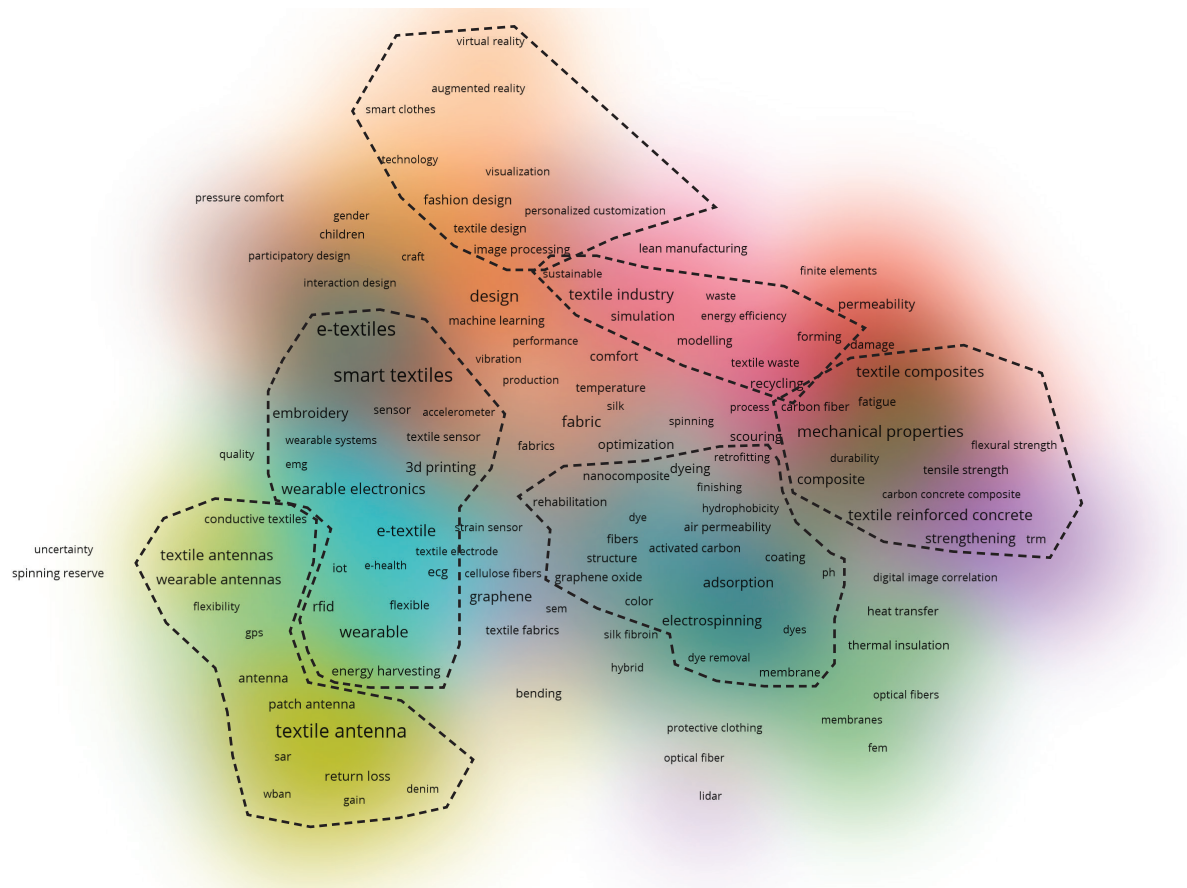


Abbildung 7: Bibliometrische Analyse internationaler Forschungsthemen
(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

Im Bereich CPPS befasst sich die Forschung vor allem mit der Implementierung AR- und VR-basierter digitaler Arbeitsmittel. Dabei steht die Frage im Vordergrund, wie Beschäftigte im Arbeitsprozess unterstützt werden können.

Smarte Textilien

Im Themencluster Smarte Textilien widmet sich die Forschung vor allem der Entwicklung dehnbarer und weicher Elektronikelemente, wie sie auch bei Soft Robotics zur Anwendung kommen. Dabei geht es speziell um die Frage, wie wesentliche Elemente solcher Systeme aufgebaut sein müssen, etwa flexible, dehnbare Drähte. Auch die daran anschließende Frage, wie solche Komponenten in Produkte integriert werden können, wird in diesem Zusammenhang untersucht. Dabei wird u. a. diskutiert, welche Herausforderungen für die Anwendung solcher Technologien noch bestehen. Neben flexiblen und dehnbaren Elektronikelementen bildet die Energiespeicherung in E-Textilien einen erkennbaren Themenschwerpunkt. Als in der Literatur dominierendes Anwendungsfeld lässt sich „Remote Health Monitoring“ identifizieren.

Textile Antennen

Zwar ist dieses Themencluster eng mit dem vorherigen verflochten, dennoch finden sich im zugrundeliegenden Datensatz besonders viele

Veröffentlichungen zum Bereich textile Antennen. Veröffentlichungen in diesem Feld befassen sich vor allem mit der Kommunikation von Smart Wearables mit externen Devices und der die Wearables umgebenden Infrastruktur. Im Fokus steht dabei die Frage, wie solche Antennen anzubringen respektive wie sie zu verarbeiten sind. Offenbar werden textile Antennen als kritisch für die dauerhafte Funktionsfähigkeit der Smart Wearables betrachtet. So besteht die Frage, wie eine permanente Funktionalität dieser Systeme sichergestellt werden kann. Wie beim Themencluster Smarte Textilien steht das Anwendungsfeld Health Applikationen erkennbar im Mittelpunkt der untersuchten Veröffentlichungen.

Verbundwerkstoffe

Ein stark ausgeprägter Publikationsschwerpunkt im Themencluster „Verbundwerkstoffe“ ist der sogenannte Textilbeton. Im Rahmen der Forschungspapiere wird u. a. untersucht, wie die mechanischen Eigenschaften der Verbundwerkstoffe verbessert werden können. Ein Schwerpunkt liegt in der Optimierung der Faser-Matrix-Haftung als qualitätskritisches Element des Carbon-Zement-Verbundwerkstoffs. Neben der Fokussierung auf textilbewährten Beton finden sich in diesem Cluster auch weitere Verbundwerkstoffe wieder, die z. B. in der Automobilindustrie eingesetzt werden.

Kreislaufwirtschaft

Das Themencluster Kreislaufwirtschaft wird erkennbar von der Frage der Abwasseraufbereitung dominiert. Dabei stehen sowohl die Prozess- als auch die Produktperspektive im Mittelpunkt der Publikationen: Erstens geht es um die Entwicklung von Aufbereitungsverfahren zur Reinigung von Abwässern aus dem textilen Produktionsprozess, insbesondere nach dem Färben. Dabei ist die Frage wesentlich, wie umwelt- und potenziell gesundheitsgefährdende Rückstände von Nanomaterialien aus den Abwässern entfernt werden können. Das betrifft etwa Nanomaterialien für die Aufbereitung. Zweitens wird über die Entwicklung textiler Membranen zur Wasserreinigung publiziert. Als zentrales Anwendungsgebiet ist der Einsatz solcher Membranen zur Öl-Wasser-Scheidung erkennbar.

4.1.2 Vergleich: Nationale Forschungsthemen

Anschließend an die Auswertung internationaler Forschungsschwerpunkte erfolgt zum Vergleich noch eine Analyse der deutschen Publikationslandschaft. Dazu wurden sämtliche, unter dem Stichwort „textil“ verzeichneten Publikationen zwischen 2015 und Oktober 2019 als Datengrundlage herangezogen. Eine Begrenzung auf Konferenzbeiträge deutscher Forschungseinrichtungen erfolgt an dieser Stelle nicht, wenngleich dieses Vorgehen systematisch zu bevorzugen wäre, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zur Auswertung in Kapitel 4.1.1 zu gewährleisten. Eine Datenbankabfrage ergab jedoch, dass die Zahl von verzeichneten Konferenzbeiträgen für eine Topic-Model-Analyse nicht ausgereicht hätte.

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Publikationszahlen seit 2015. Der Rückgang im Jahr 2019 ist auf den Zeitpunkt der Datenabfrage zurückzuführen und zudem durch die häufig erst nachträgliche Erfassung von Publikationen in der Datenbank verursacht. Im Vergleich zur Entwicklung der internationalen Publikationszahlen (Abbildung 3) ist kein vergleichbar starker Anstieg zu erkennen.

Die Publikationsmenge deutscher Forschungseinrichtungen ist demnach seit 2015 nur leicht gestiegen. Der international erkennbare Anstieg an Veröffentlichungen zum Stichwort „textil“ ist daher offenbar auf eine erhöhte Publikationstätigkeit außerhalb Deutschlands zurückzuführen.

Abbildung 9 weist die deutschen Institutionen mit der höchsten Publikationszahl innerhalb des zugrundeliegenden Datensatzes aus. Wie zu erwarten, stehen mit der RWTH Aachen und der

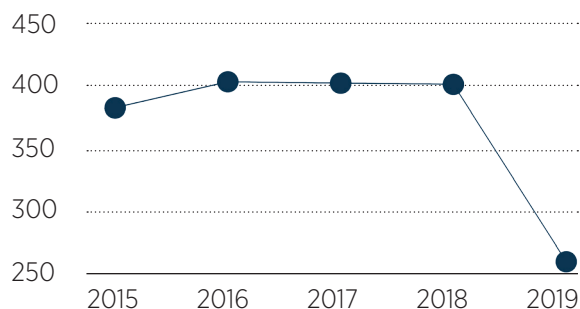


Abbildung 8: Anzahl Publikationen zum Stichwort „textil“ von deutschen Institutionen 2015 bis 2019 (Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

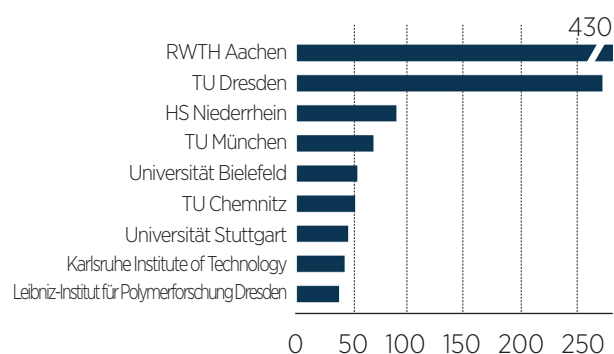


Abbildung 9: Publikationen nach Institutionen in Deutschland (Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

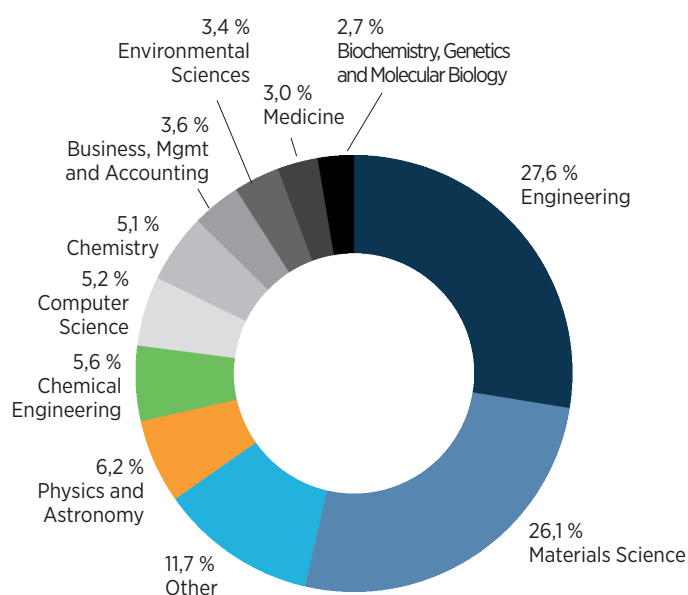


Abbildung 10: Publikationen nach Disziplinen in Deutschland (Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

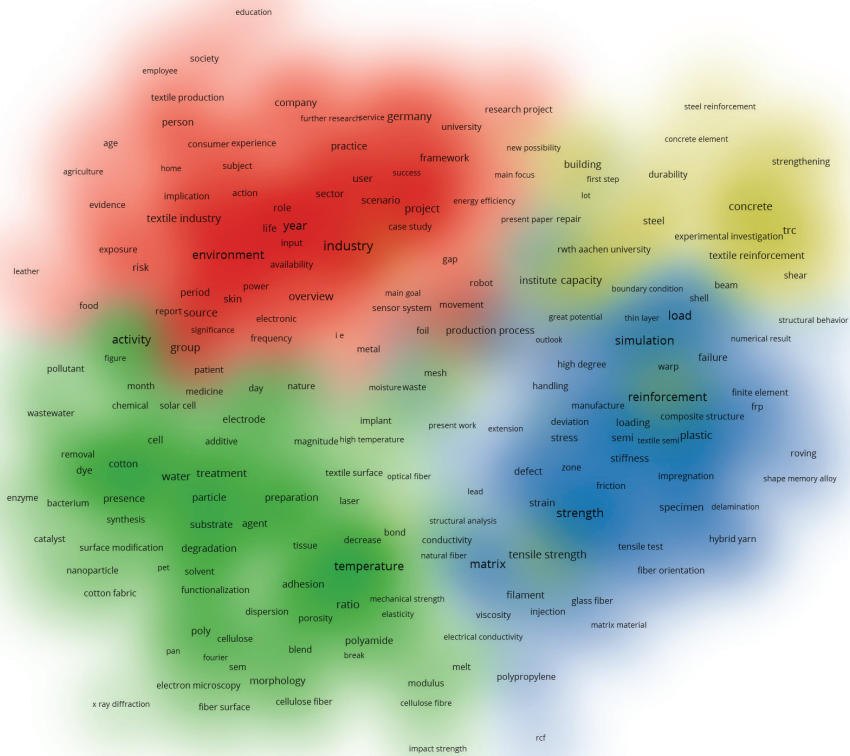


Abbildung 11: Heatmap zu Forschungsthemen in Deutschland
(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

TU Dresden auf den Plätzen eins und zwei die beiden Organisationen in Deutschland, die im internationalen Ranking zu den publikationsstärksten Forschungseinrichtungen gezählt werden. Die publikationsstärkste Fachhochschule ist die Hochschule Niederrhein. Bemerkenswert ist, dass mit dem Leibniz-Institut für Polymerforschung eine materialwissenschaftliche Forschungseinrichtung unter den publikationsstärksten Institutionen im Bereich Textil vertreten ist.

Die Aufschlüsselung der Publikationen aus Deutschland nach Disziplinen (Abbildung 10) zeigt ein teilweise abweichendes Bild im Vergleich zur internationalen Publikationslandschaft (Abbildung 6). In Deutschland dominieren stärker die Bereiche Ingenieurwesen und Materialwissenschaften, die zusammen mit mehr als 50 Prozent aller Veröffentlichungen einen größeren Anteil ausmachen als international. Computerwissenschaften befassen sich in Deutschland deutlich stärker mit textilen Themen und bilden die Disziplin mit dem drittgrößten Anteil verzeichneter Publikationen. International spielen Chemie und Chemieingenieurwesen eine größere Rolle. Innerhalb der deutschen Publikationslandschaft werden für Energie und Medizin messbare Anteile an Publikationen in wichtigen textilen Anwendungsbereichen erkennbar. Hingegen sind keine sichtbaren Anteile von Veröffentlichungen aus dem Bereich der Betriebswirtschaftslehre vorhanden, die international immerhin fünf Prozent aller Veröffentlichungen ausmachten.

Auf Basis der Publikationen deutscher Institutionen stellt Abbildung 11 die Ergebnisse der Topic-Model-Analyse dar. Grundsätzlich spiegeln sich die in der internationalen Publikationslandschaft identifizierten Themen auch in den Veröffentlichungen deutscher Institutionen wider. Ein erkennbarer und deutlich ausgeprägter Schwerpunkt zeigt sich im Themenfeld Reinforcement. Das blau hinterlegte Themencluster bildet den Bereich der Composites ab. Hier befassen sich Veröffentlichungen offenbar speziell mit Fragen des Faser-Matrix-Übergangs und mit der Nutzung innovativer Bewehrungsmaterialien, z. B. Glasfasern. Das in der Abbildung gelb unterlegte Themencluster bildet einen Schwerpunkt im Anwendungsfeld Bauwirtschaft. Mobilität ist im blau eingefärbten Themencluster enthalten: Hier befassen sich Veröffentlichungen vor allem mit textilverstärkten Kunststoffkomponenten und Thermoplastic Composites für den Fahrzeugbau.

Das rot hinterlegte Themencluster deutet einen Nachhaltigkeitsschwerpunkt in diversen textilen Anwendungsbereichen an. Besonders im oberen Drittel identifiziert das Topic Model Tool gleichwohl zahlreiche Begriffe, die nur bedingt aussagekräftig sind. Dabei handelt es sich um Begriffe, die offenbar in zahlreichen Überschriften und Abstracts verwendet werden, jedoch nicht auf ein spezifisches Thema hinweisen, z. B. „germany“, „university“, „company“, „research project“.

Erkennbar ist innerhalb des grün eingefärbten Clusters, dass Themen aus dem Bereich Funktionalisierung und Ausrüstung ebenfalls einen Schwerpunkt bilden. Dieses Feld wird auch in der Analyse der internationalen Publikationen als ein wesentliches Themengebiet identifiziert und im nachfolgenden Kapitel vertieft betrachtet. In Deutschland fokussieren Publikationen neben Prozessen des Färbens und der Funktionalisierung insbesondere die Wasseraufbereitung.

Zuletzt ist, ebenfalls ausgehend vom grün unterlegten Cluster, das Thema Naturfaser ein wesentlicher Gegenstand der ausgewerteten Publikationen. Dabei forschen deutsche Institute intensiv zu den mechanischen Eigenschaften und zur Verarbeitung von Naturfasern offenbar auch im Zusammenhang mit Verbundwerkstoffen. Die betreffenden Veröffentlichungen thematisieren celluloseverstärkte Polylactide in diversen Anwendungsgebieten, etwa Verpackung, Landwirtschaft, Catering, Büroartikel, Medizintechnik, und den Einsatz von Cellulose für textilverstärkten Beton.

4.1.3 Deep Dive: Funktionalisierung und Ausrüstung

Auf Basis der in Kapitel 4.1.1 vorgenommenen Analyse internationaler Publikationsthemen wird das identifizierte Themencluster Funktionalisierung und Ausrüstung in diesem Kapitel vertieft betrachtet. Das besondere Interesse an diesem Themenfeld resultiert nicht zuletzt aus den sich potenziell verschärfenden regulativen Bedingungen im Zuge der Umsetzung der REACH-Verordnung⁶ für den Einsatz von Chemikalien, die für die Funktionalisierung und Ausrüstung von Textilien relevant sind (textil+mode, 2018a).

Die Ausgangslage der Analyse bilden zunächst 1 398 Konferenzbeiträge zum betreffenden Themenfeld aus dem Zeitraum 2015 bis November 2019.

Abbildung 12 weist die Zahl der Konferenzbeiträge im Themencluster seit 2015 aus. Der erkennbare Anstieg seit 2015 ist im Vergleich zur Entwicklung der Zahlen von Konferenzbeiträgen insgesamt⁷ deutlich stärker ausgeprägt. Dieser Befund lässt vermuten, dass es eine verstärkte Forschungsaktivität innerhalb des Themenclusters seit 2015 gibt. Das kann sowohl auf einen verstärkten, durch Industrie und Wissenschaft identifizierten Bedarf als auch auf eine politische Ausrichtung von Förderinstrumenten zurückzuführen sein.

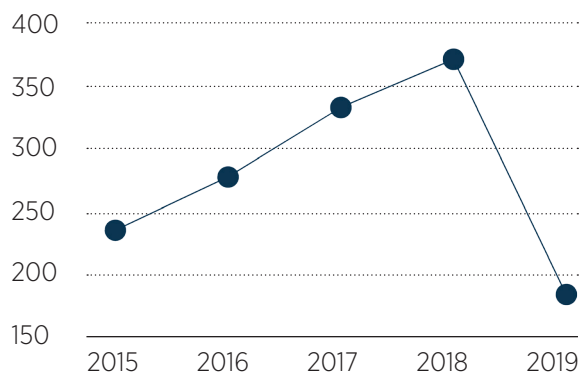


Abbildung 12: Zahl der Konferenzbeiträge im Themencluster seit 2015

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

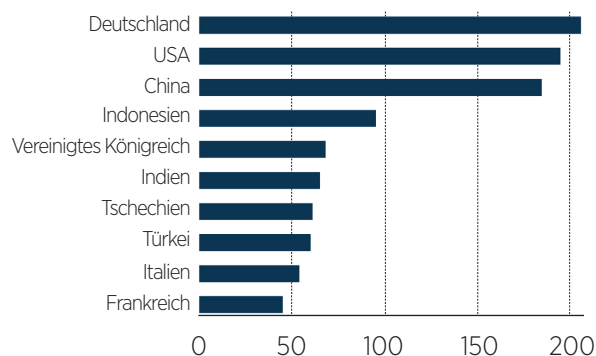


Abbildung 13: Konferenzbeiträge im Themenfeld nach Ländern

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

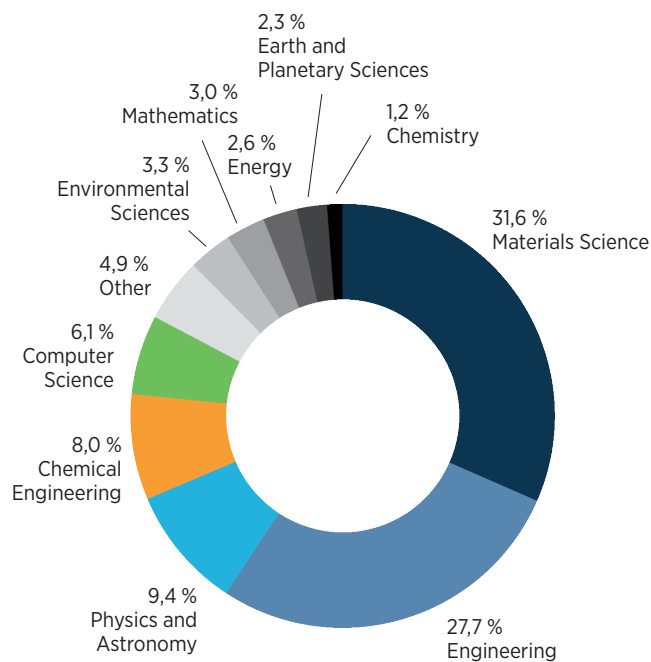


Abbildung 14: Konferenzbeiträge im Themencluster „Funktionalisierung und Ausrüstung“ nach Disziplinen

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

⁶ Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.

⁷ Konferenzbeiträge zum Stichwort „textil“.

Die Aufschlüsselung der Konferenzbeiträge nach Ländern in Abbildung 13 zeigt, dass auf Deutschland die meisten Beiträge entfallen. Daraus kann nicht der Schluss gezogen werden, dass Deutschland mit dem vertieft analysierten Themenfeld international am intensivsten befasst ist. Denn betrachtet man die Gesamtzahl aller Veröffentlichungen seit 2015 und nicht nur die Konferenzbeiträge, so sind die Relationen der Publikationszahlen im Ländervergleich ähnlich ausgeprägt wie bei der Auswertung aller Veröffentlichungen zum Stichwort „textil*“ (Abbildung 4). Die hohe Zahl an Konferenzbeiträgen aus Deutschland könnte darauf hindeuten, dass sich hier seit 2015 eine besondere Dynamik im Themenfeld Funktionalisierung und Ausrüstung ergeben hat; dadurch wären viele Forschungsvorhaben zwischen 2015 und 2019 noch in einem frühen Stadium gewesen und somit bei den Konferenzbeiträgen überrepräsentiert.

Die Aufschlüsselung der Konferenzbeiträge nach Disziplinen in Abbildung 14 zeigt kaum auffällige Unterschiede zu den Verhältnissen bei der Auswertung aller Veröffentlichungen zum Stichwort „textil*“. Der Anteil von Beiträgen aus den Material- und Ingenieurwissenschaften insgesamt ist mit rund 60 Prozent deutlich größer. Aus der Chemie ist der Anteil von Beiträgen bedeutend kleiner, während der Anteil von Beiträgen aus dem Chemieingenieurwesen annähernd gleich bleibt.

Abbildung 15 zeigt die Topic-Model-Analyse des Themenclusters. Jeder Punkt steht für einen vom Topic Model Tool identifizierten Begriff. Aufgeführt sind die Wörter, die am häufigsten in Titeln und Abstracts zu Konferenzbeiträgen verwendet wurden. Die Stärke der Punkte drückt die Häufigkeit der abgebildeten Begriffe aus.

Die Verbindungslinien zwischen den Begriffen markieren das Vorkommen unterschiedlicher Wörter in den gleichen Beiträgen. Die Nähe der Punkte zueinander beschreibt Kombinationen, die besonders häufig zusammen vorkommen.

Aus dem Deep Dive lassen sich vor allem fünf Themen identifizieren: Färben und Wasserreinigung, Composites, Cellulosefasern, materialwissenschaftliche Analyseverfahren und Nanopartikel.

Färben und Wasserreinigung

Rechts unten in der Abbildung ist als ein Themencluster der Bereich Färben und Wasserreinigung zu identifizieren. Die hier identifizierten Konferenzbeiträge beschäftigen sich einerseits intensiv mit dem Färbeprozess: Wie muss das Färben vollzogen werden, damit es zu möglichst langfristig beständigen Resultaten führt? Wie kann die Farbbeständigkeit optimiert werden? Andererseits wird in den hier analysierten Konferenzbeiträgen das Färben auch hinsichtlich der dadurch verursachten Wasserverunreinigung thematisiert. Spannend dabei ist: Ähnlich wie bereits im ersten Analyseschritt im Themencluster „Recycling und Abfall“ (Kapitel 4.1.1) wird Textil als Teil des Problems wie auch der Lösung untersucht. So geht es in den analysierten Veröffentlichungen sowohl um die Frage, wie Abwässer aus textilen Prozessen gereinigt werden können, als auch um textile Anwendungen für die Beseitigung von Kontaminationen. Gerade textilbasierte Anwendungen zur Entfernung von Rückständen aus industriellen Abwässern werden in den Veröffentlichungen thematisiert.

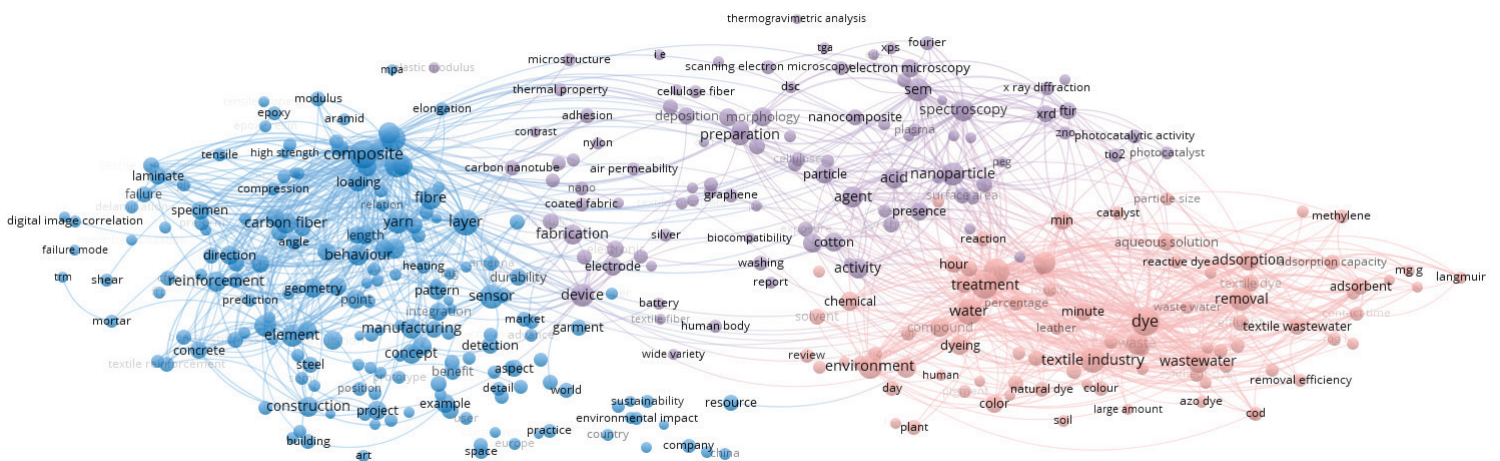


Abbildung 15: Deep Dive „Funktionalisierung und Ausrüstung“
(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

Composite

Im blau hinterlegten Cluster sind primär Veröffentlichungen zusammengefasst, die sich mit Composites für zwei Anwendungsbereiche befassen: Verbundwerkstoffe für den Bausektor und Verbundwerkstoffe für den Automobilbau. Im Fokus steht vor allem die Frage, wie z. B. Karbonfasern behandelt werden müssen, damit die Faser-Matrix-Haftung optimiert werden kann.

Cellulosefasern

Im oberen Bereich der Abbildung findet sich innerhalb des lila eingefärbten Clusters ein Themenschwerpunkt, der sich Cellulosefasern widmet. Im Kontext von Funktionalisierung und Ausrüstung steht Cellulose als hydrophiler Werkstoff im Fokus der Untersuchungen. Dabei geht es besonders um die vielfältigen Herausforderungen bei der Funktionalisierung von Cellulosefasern für diverse Anwendungsgebiete.

Materialwissenschaftliche Analyseverfahren

Rechts innerhalb des lila eingefärbten Clusters lässt sich ein Themenschwerpunkt zu materialwissenschaftlichen Analyseverfahren identifizieren. Die hier ausgewerteten Veröffentlichungen beschäftigen sich mit Verfahren zur Analyse von Verbundwerkstoffen, speziell mit der Analyse von Faser-Matrix-Übergängen. Auffällig ist, dass vor allem optische, nicht aber mechanische Verfahren betrachtet werden.

Nanopartikel

Ebenfalls im lila unterlegten Cluster ist der Themenschwerpunkt Nanopartikel zu erkennen. Dabei geht es erstens um die Verwendung von Silberpartikeln. Die hier identifizierten Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Frage, wie mittels Silberbeschichtung textilen Oberflächen antimikrobielle Eigenschaften verliehen werden können. Darüber hinaus wird untersucht, wie Textilien über Nanopartikel Wirkstoffe abgeben können. Zweitens befassen sich Veröffentlichungen in diesem Cluster mit den Auswirkungen, die Nanopartikel auf Umwelt und Menschen haben können.

In einem letzten Schritt erfolgt die Analyse der Veröffentlichungen deutscher Institutionen im Themencluster Funktionalisierung und Ausrüstung. Dabei werden auch andere Veröffentlichungsformen außer Konferenzbeiträge erfasst, da die Datenbasis sonst für eine quantitative Auswertung zu gering wäre. Die Datengrundlage bilden somit 755 Veröffentlichungen von 2015 bis November 2019. Abbildung 16 zeigt die deutschen

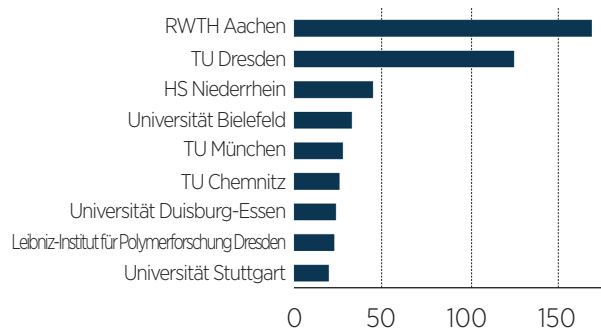


Abbildung 16: Konferenzbeiträge im Themencluster „Funktionalisierung und Ausrüstung“ nach Institutionen in Deutschland

(Quelle: Datengrundlage Scopus®, eigene Auswertung)

Institutionen mit den meisten Publikationen im Themenfeld. Dabei entsprechen die aufgeführten Institutionen in etwa den auch für alle Veröffentlichungen zum Stichwort „textil“ identifizierten publikationsstärksten Institutionen.

Abbildung 17 stellt die Ergebnisse der Topic-Model-Analyse aller Veröffentlichungen im Themencluster innerhalb des betrachteten Zeitraums dar.

Zunächst ist festzustellen, dass die Auswertung keine eindeutigen thematischen Cluster ergibt wie noch bei vorhergehenden Auswertungen. Dennoch zeigt die Analyse im Vergleich zur internationalen Ebene (Abbildung 15) erkennbare Schwerpunkte deutscher Forschung.

Innerhalb des Bereichs Reinforcement ist eine deutliche Differenzierung nach den zwei wesentlichen Anwendungsbereichen Bau und Automobil zu erkennen. Auch die Bereiche Naturfasern und Abwasserreinigung sind zwei in Deutschland besonders stark bearbeitete Themenfelder.

Im Übrigen spiegeln die für deutsche Institutionen zentralen Publikationsthemen die auch international identifizierten Cluster wider. Innerhalb des Bereichs Abwasserreinigung geht es – analog zur internationalen Forschungslandschaft – u. a. um den Einsatz von Membranen zur Beseitigung von Kontamination. Bei der Verwendung von Nanopartikeln steht die Erzeugung antibakterieller Eigenschaften textiler Flächen im Fokus.

Mit Blick auf den hohen Anteil deutscher Beiträge innerhalb der für die erste Deep-Dive-Stufe ausgewerteten Daten (Abbildung 13) kann davon ausgegangen werden, dass die hohen Überschneidungen zwischen den internationalen und deutschen

Themenschwerpunkten im Deep Dive (vgl. Abbildung 15 und Abbildung 17) nicht zuletzt darauf zurückzuführen sind, dass deutsche Forschungseinrichtungen wesentlichen Einfluss auf die Themenentwicklung innerhalb des Clusters Funktionalisierung und Ausrüstung nehmen.

4.2 Förderdatenanalyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Förderdaten-Auswertung vorgestellt. Für diese Studie wurde dazu auf die CORDIS-Datenbank der Europäischen Kommission und die Datenbank Förderkatalog des Bundes zurückgegriffen.

4.2.1 Europäische Förderdaten

Die Basis für die Analyse europäischer Förderdaten bildet die CORDIS-Datenbank, in der die von

der Europäischen Kommission geförderten Forschungs- und Innovationsprojekte verzeichnet sind. Daten von 2010 bis 2019 fließen in die Auswertung ein. Zeitraumbedingt sind sowohl Daten aus dem „7th Framework Programme“ als auch aus dem Horizon-2020-Programm enthalten. Insgesamt werden 273 Projekte (71 laufende) mit insgesamt 1.675 Mittelempfängenden aus 43 Ländern berücksichtigt.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass CORDIS einige Datenlücken aufweisen kann. Auch kommt es gelegentlich zu falschen Angaben, speziell bei der Zuordnung von Förderempfängern zu Organisationstypen. CORDIS ist die offizielle Datenbank der Europäischen Kommission und bietet den bestmöglichen Zugang zu den für diese Analyse relevanten Förderdaten.

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die Mittelverteilung aus der europäischen Forschungsför-

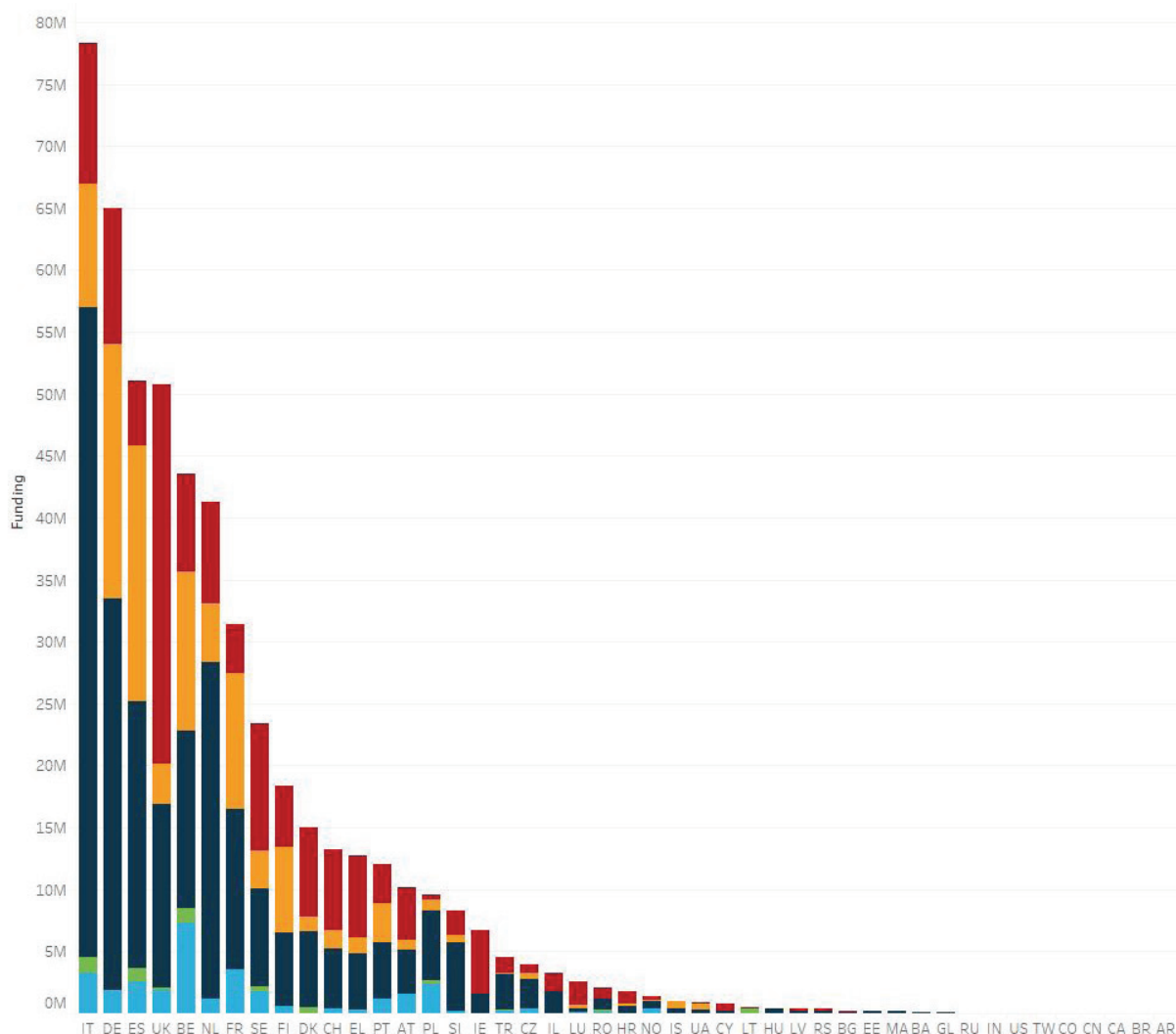


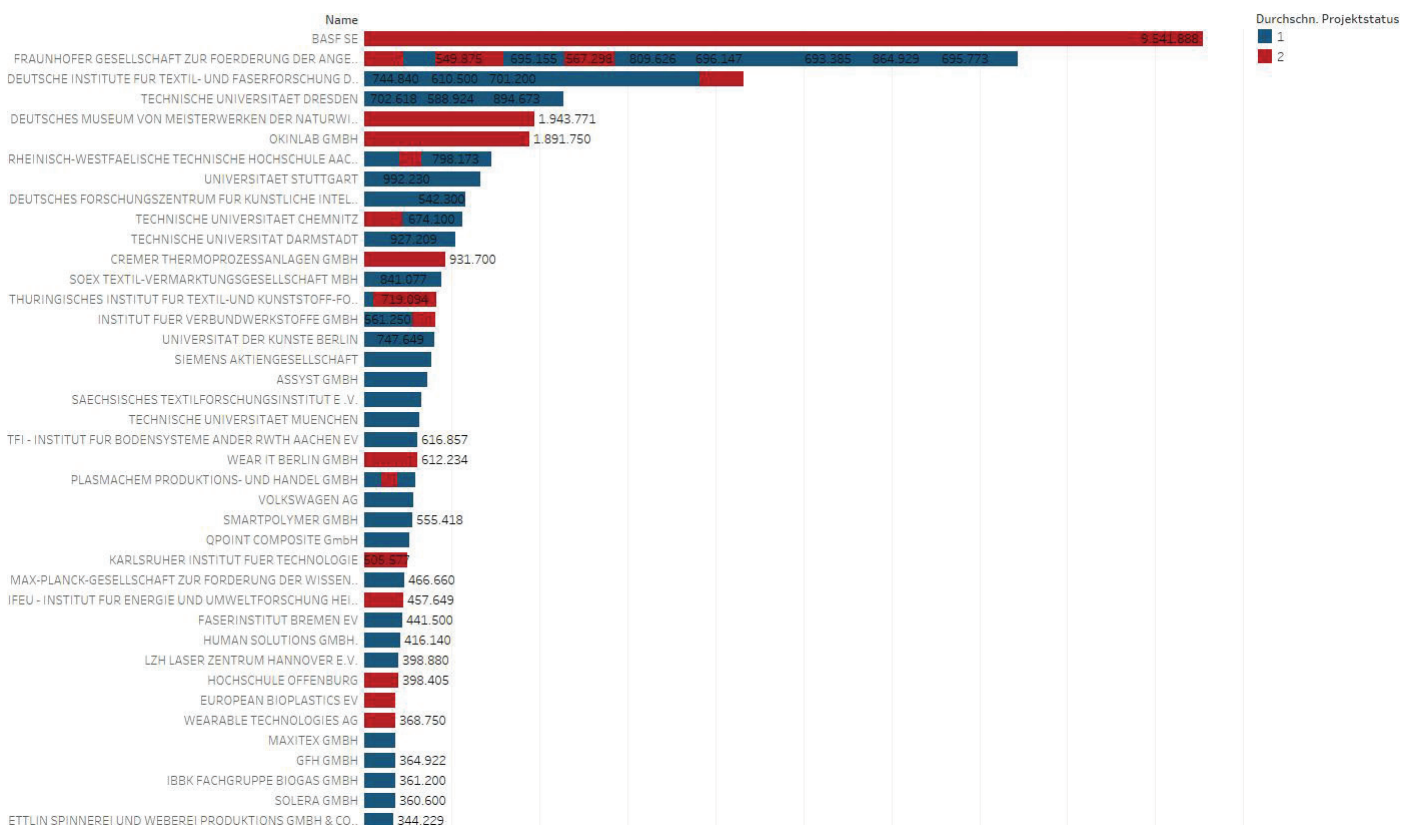
Abbildung 19: Fördervolumen in Euro nach Ländern und Organisationstyp
(Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

derung im betrachteten Zeitraum 2010 bis 2019. Deutschland ist nach Italien der zweitgrößte Empfänger von Fördermitteln im Bereich Textil. Dabei erhält Deutschland, gemessen an der Wertschöpfung von Textil- und Bekleidungsindustrie, überproportional viele Fördermittel im Vergleich zu Italien. Der relative Abstand zwischen der Höhe der Wertschöpfung der deutschen und der italienischen Industrie ist größer als der relative Abstand bei der Verteilung von Fördermitteln. Die Auswertung zeigt, dass neben EU-Mitgliedstaaten auch einige Drittstaaten Mittel aus der europäischen Forschungsförderung erhalten. Der größte Anteil unter diesen Ländern fließt in die Türkei. Rund 4,6 Mio. Euro verteilen sich hier auf insgesamt 29 in der Datenbank verzeichnete Projekte. Bei Mittelempfängern außerhalb der Union handelt es sich um Verbundpartner, die mit Institutionen aus EU-Staaten in Förderprojekten kooperieren. Neben Verbundpartnern gibt es in vielen außereuropäischen Ländern auch sogenannte assoziierte Partner. Sie erhalten keine Fördermittel, sind aber in Kooperationsprojekte eingebunden. So finden sich z. B. neun Projekte mit Beteiligung indischer Partner und vier Projekte mit assoziierten Partnern in Taiwan.

Abbildung 19 zeigt die Aufteilung der Fördermittel nach Ländern und Organisationstypen. Auffällig ist, dass in Italien ein besonders großer Anteil an Mitteln an privatwirtschaftliche Unternehmen fließt. In Deutschland liegt der Anteil von Unternehmen am gesamten Fördervolumen etwa auf dem gleichen Niveau wie in Spanien und Frankreich. In anderen Ländern, z. B. in Großbritannien, ist der Anteil von Fördermitteln, die an Unternehmen fließen, deutlich geringer. Der Vergleich wird allerdings verzerrt, da bei den in Deutschland geförderten Projekten alleine mehr als 9 Mio. Euro an BASF gehen. Erkennbar ist außerdem, dass in Deutschland ein relativ hoher Mittelanteil an unter „Others“ gelistete Institutionen fließt, d. h. an Vereine, Verbände, Plattformen und Krankenhäuser, wie auch in Abbildung 20 ersichtlich wird. Hier kommt es gleichwohl zu einer gewissen Verzerrung. So wird das Sächsische Textilforschungsinstitut entsprechend seiner Rechtsform als Verein und damit unter „Others“ erfasst.

Abbildung 20 zeigt die höchstgeförderten deutschen Institutionen. Die BASF SE erhält ihre gesamten Mittel aus der europäischen Forschungsförderung für ein einziges Projekt. Das

Fördersummen nach Organisation



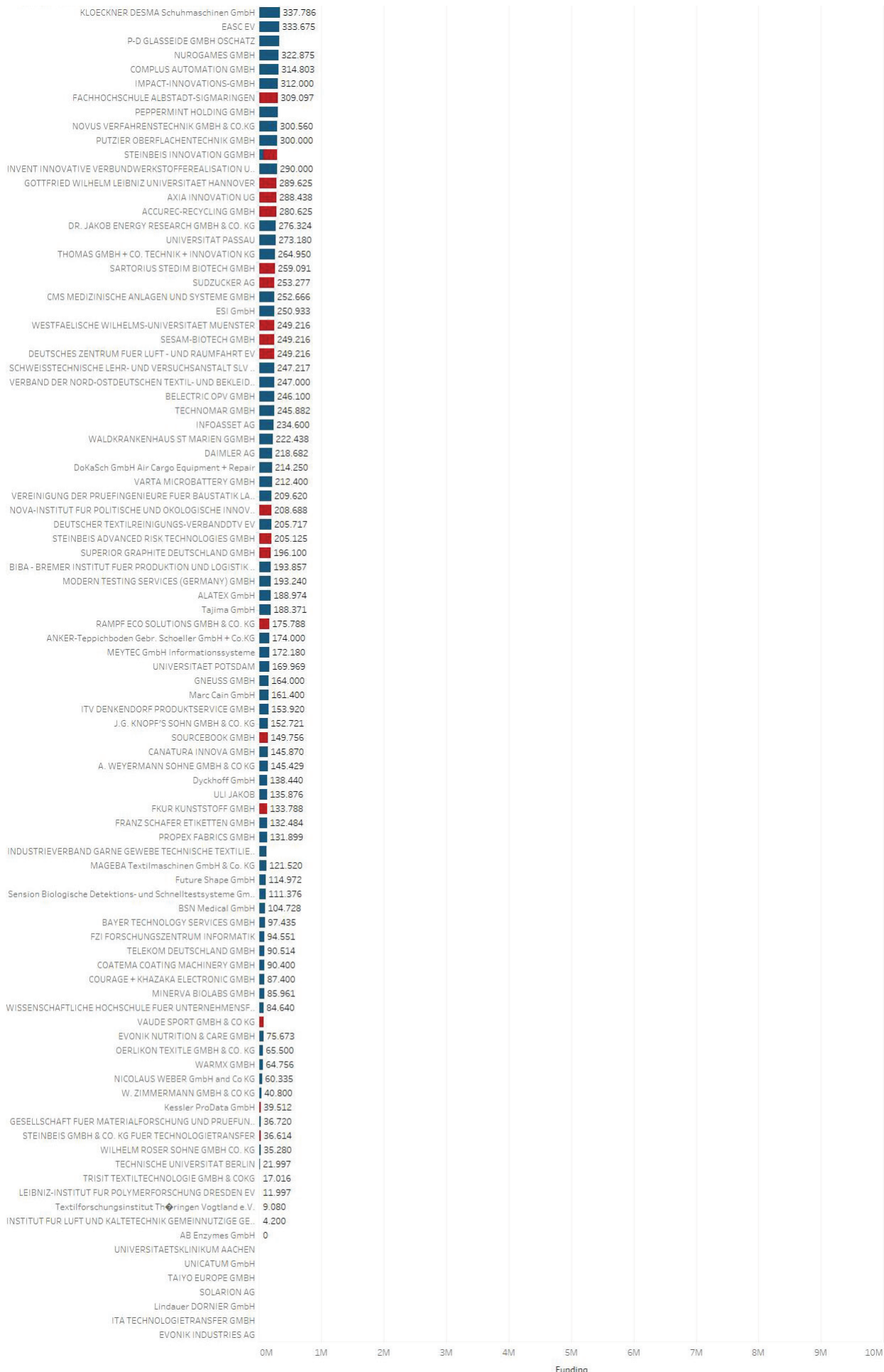


Abbildung 20: Fördermittel in Euro nach Empfängern in Deutschland
(Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

Verbundvorhaben „PEference“ hat ein Gesamtvolumen von 25 Mio. Euro und wurde durch das niederländische Unternehmen Avantium B.V., spezialisiert auf nachhaltige Chemie, koordiniert. Das Projekt beschäftigte sich mit der Entwicklung nachhaltiger Polymere. Die Textilindustrie war dabei einer von vielen Anwendungsbereichen.

Um zu analysieren, zu welchen Themen auf europäischer Ebene im Bereich Textil geforscht wird, werden die verzeichneten Projekte mit einem Fördervolumen ab 1,5 Mio. Euro erfasst und nach Förderthemen kodiert. Abbildung 21 zeigt die Zahl der Projektstarts nach Jahren, die inhaltlich grob zu Themen aggregiert sind.

Hinsichtlich der Entwicklung von Förderthemen über die hier abgebildeten Jahre ist eine besondere Dynamik im Bereich nachhaltiger Produkte erkennbar. In diesem Themengebiet entstehen hochgeförderte Projekte. Während der ersten Jahre des Betrachtungszeitraums wurden vor allem Projekte zu ressourceneffizienten Prozessen gefördert. Jüngst spielte die Frage der Wasserbehandlung offenbar eine wichtige Rolle. So liefen 2019 zwei Projekte mit Fördervolumen von mehreren Mio. Euro an, die sich mit Abwasserreinigung und Trinkwasserqualität befassen. Innerhalb des Themenbereichs Material haben in den vergangenen Jahren vor allem Projekte zu biobasierten Kunststoffen eine erhebliche Bedeutung.

Die Auswertung fördert eine Besonderheit zutage: Es ist ein ungewöhnlich hoher Anteil von Projekten mit historischem Bezug und mit Förderempfangenden aus dem musealen Sektor zu erkennen.

Diese erste qualitative Annäherung an die auf europäischer Ebene geförderten Themen im Bereich Textil wird durch eine auf Textmining fußende Topic-Map-Analyse auf Basis der in der Datenbank hinterlegten Projekttitle und Kurzbeschreibungen der geförderten Projekte bestätigt. Um die tatsächlich relevanten Themen herauszufiltern, enthält das in Abbildung 22 dargestellte Ergebnis lediglich solche Begriffe, die in mindestens vier Projektbeschreibungen vorkommen. Die Größe der abgebildeten Wörter drückt die Häufigkeit ihres Vorkommens im zugrundeliegenden Datensatz aus. Die Entfernung unterschiedlicher Begriffe zueinander zeigt an, ob diese häufiger oder seltener zusammen erscheinen.

Am linken Rand der Abbildung mittig zeigt die Topic Map einen Themenschwerpunkt im Bereich Wearables. Dabei spielt der Anwendungsbereich Gesundheit in den geförderten Projekten offenbar eine wesentliche Rolle. So hat im Zusammenhang mit Wearables das Thema „Health Monitoring“ eine große Bedeutung. Offensichtlich wird zum Thema „Health Monitoring“ nicht nur intensiv publiziert (vgl. Kapitel 4.1.1). Die hier analysierten Förderprojekte sind als überwiegend praxisnä-

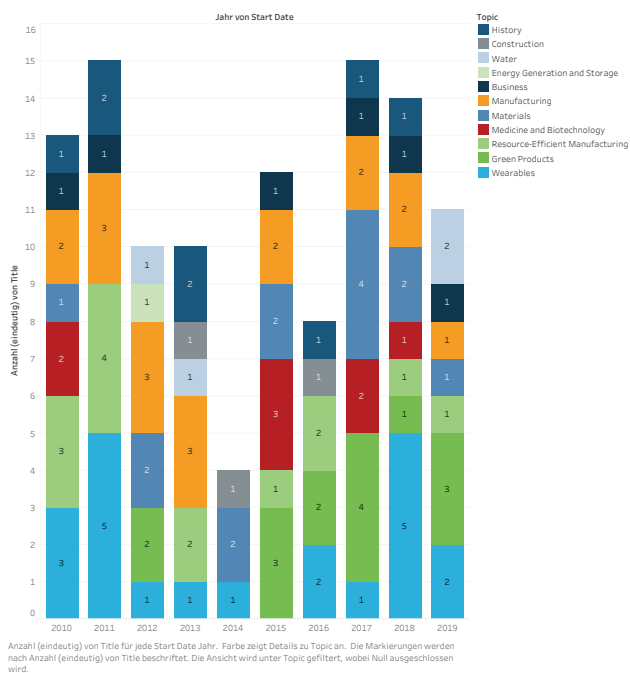
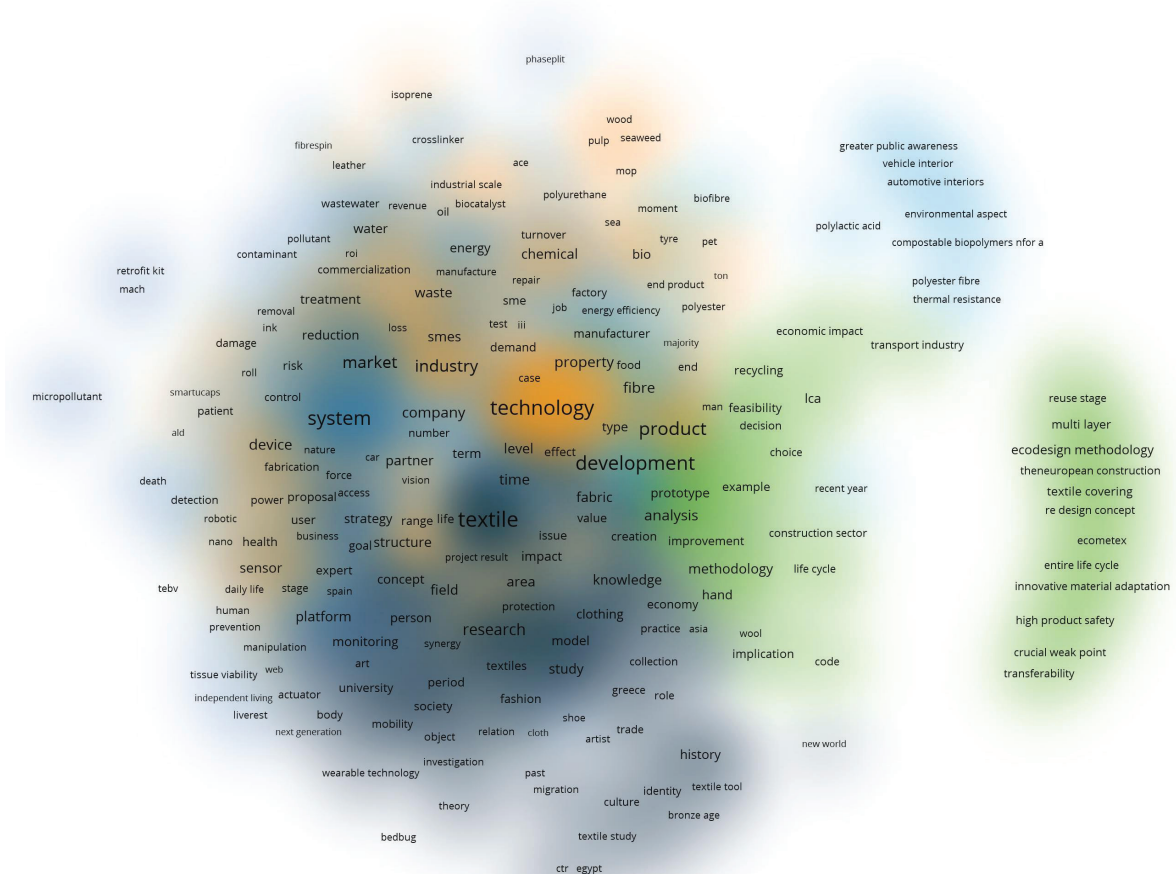


Abbildung 21: Zahl der Projektstarts ab 1,5 Mio. Euro Fördervolumen nach Themen und Jahren (Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)



Viewer

Abbildung 22: Textmining-basierte Topic Map
 (Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

her einzuschätzen als wissenschaftliche Veröffentlichungen, die vielfach erst die Grundlage für praxisrelevante Entwicklungen thematisiert werden muss. Dies deutet darauf hin, dass das hier identifizierte Thema bereits in die Phase der Umsetzung eintritt.

Am oberen Rand der Abbildung von der Mitte bis zum rechten Rand ist ein Themencluster zu erkennen, welches biobasierte Kunststoffe fokussiert. Auch über das hochgeförderte Projekt „PEference“ hinaus spielen biobasierte Kunststoffe im Kontext „Textil“ offensichtlich eine wesentliche Rolle in der europäischen Forschungsförderung. Im rechten, blau hinterlegten Bereich wird deutlich, dass speziell für den Automobilbau zum Thema biobasierte Kunststoffe gearbeitet wird. Konkret befassen sich Förderprojekte in diesem Zusammenhang mit der Entwicklung nachhaltiger Komponenten für den Fahrzeuginnenraum. Aufschlussreich sind die hier häufig identifizierten Begriffe. Sie deuten darauf hin, dass Kunden im Automobilsektor potenziell Treiber für die Entwicklung nachhaltiger Produkte sein könnten.

Das grün hinterlegte Themencluster rechts fokussiert die Themen Ecodesign und Life Cycle Assessment. Konkret geht es bei den geförderten Projekten um den Lebenszyklus von Verbund-

werkstoffen und die Frage ihrer Weiterverwertung. Auffällig ist, dass auch Projekte mit Bezug zum Lebenszyklus von textilen Bauelementen gefördert werden. Während unter den hochgeförderten Projekten seit 2010 nur drei Projekte mit primärem Bezug zur Bauwirtschaft zu finden sind (Abbildung 21), sind die dezidierten Fragen der Langlebigkeit und Weiterverwertung textiler Bauelemente ein für die europäische Förderung relevantes Thema. Dies bestätigt den Gesamteindruck, den die Förderdatenauswertung hervorbringt: Nachhaltigkeit ist offenbar ein dominierendes Thema in der europäischen Förderung. Als wesentliches Anwendungsfeld werden Wearables und besonders Smart Wearables für den Gesundheitssektor gefördert. Der Bereich im unteren Teil von Abbildung 22 mittig ist nicht eindeutig zuzuordnen. Neben Projekten im Bereich Fashion finden sich hier auch die Projekte mit historischem und musealem Bezug.

Der starke Anwendungsbezug der in der europäischen Förderung unterstützten Forschungsprojekte wird ersichtlich, wenn man die hochvolumigen Projekte nach Organisationstypen gliedert. Anders als bei der Zuordnung nach Fördervolumen in Abbildung 19 kommt es so auch nicht zu starken Verzerrungen, wenn ein einzelnes Projekt mit einem außergewöhnlich hohen Volumen

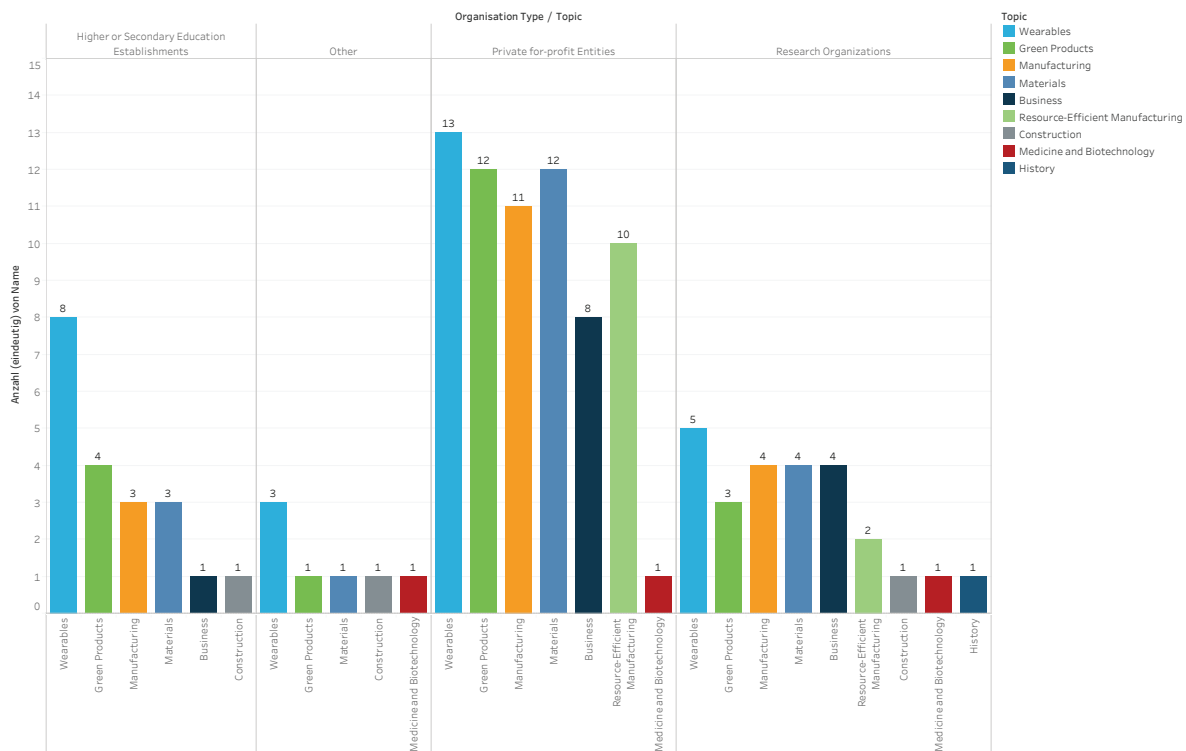


Abbildung 23: Anzahl der geförderten Institutionen nach Organisationstyp und Thema für Projekte ab 1,5 Mio. Euro Fördervolumen

(Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung: Tableau)

gefördert wird. Abbildung 23 zeigt die Zahl der hochgeförderten Projekte nach Thema und Organisationstyp. Erkennbar ist, dass privatwirtschaftliche Unternehmen in besonders vielen Projekten gefördert werden. Die im betrachteten Zeitraum identifizierten Projekte zur ressourceneffizienten Produktion sind überwiegend mit starker Beteiligung von Unternehmen umgesetzt worden. Nur an zwei dieser Projekte waren außeruniversitäre Forschungseinrichtungen beteiligt.

Für Projekte der Kategorie Business, die sich dezidiert mit Transfervorhaben und Geschäftsmodellinnovationen befassen, stellt sich das Bild ähnlich dar. Hier sind es vor allem Unternehmen, die in diesbezüglichen Forschungsprojekten gefördert werden. Lediglich in vier Projekten wirken außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit. Universitäten sind an diesen Projekten bislang offenbar kaum beteiligt. Hier könnte gegebenenfalls Handlungsbedarf bestehen. So kann es sinnvoll sein, stärker interdisziplinär ausgerichtete Projekte mit Beteiligung betriebswirtschaftlich und arbeitssoziologisch Forschender zu fördern. Damit ließe sich verstärkt Know-how aus der universitären Forschung, etwa zur Entwicklung von Geschäftsmodellinnovationen und zum Wissenstransfer, für den Textilsektor zu nutzen.

An universitären Forschungseinrichtungen dominieren im betrachteten Zeitraum vor allem Projekte zum Thema Wearables. Während die Dominanz dieses Themenbereichs bei den übrigen

Organisationstypen weniger stark ausgeprägt ist, haben Wearables auch bei Unternehmen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und unter den als „Andere“ eingestuften Organisationen die größte Bedeutung.

Projekte mit Bezug zu nachhaltigen Produkten, Projekte zur Verbesserung des Produktionsprozesses und der Bereich der Materialentwicklung haben im relativen Verhältnis zur Gesamtzahl der je Organisationstyp geförderten Projekte eine ähnlich hohe Bedeutung. Dies gilt sowohl für die unternehmensseitige als auch für die universitäre und außeruniversitäre Forschung.

Auf Basis der aus CORDIS erhaltenen Daten lassen sich Kooperationsstrukturen zwischen den geförderten Institutionen ermitteln. Abbildung 24 zeigt das gesamte Kooperationsnetzwerk, das auf Basis des Datensatzes zu generieren ist. Klar erkennbar ist zunächst, dass es eine hochgradige Vernetzung der auf europäischer Ebene geförderten Institutionen gibt. Der Anteil an Verbundprojekten beträgt rund 55 Prozent. So finden sich unter den berücksichtigten Projekten insgesamt 150 Verbundvorhaben mit zwei bis 41 Partnern. Nur 120 Projekte erfolgen in Einzelförderung. Damit verfügen viele Organisationen über einen hohen Vernetzungsgrad. Wenige Akteure, z. B. die TU Wien und die Universität Kopenhagen, agieren hingegen im Rahmen europäisch geförderter Projekte primär in Einzelförderung.

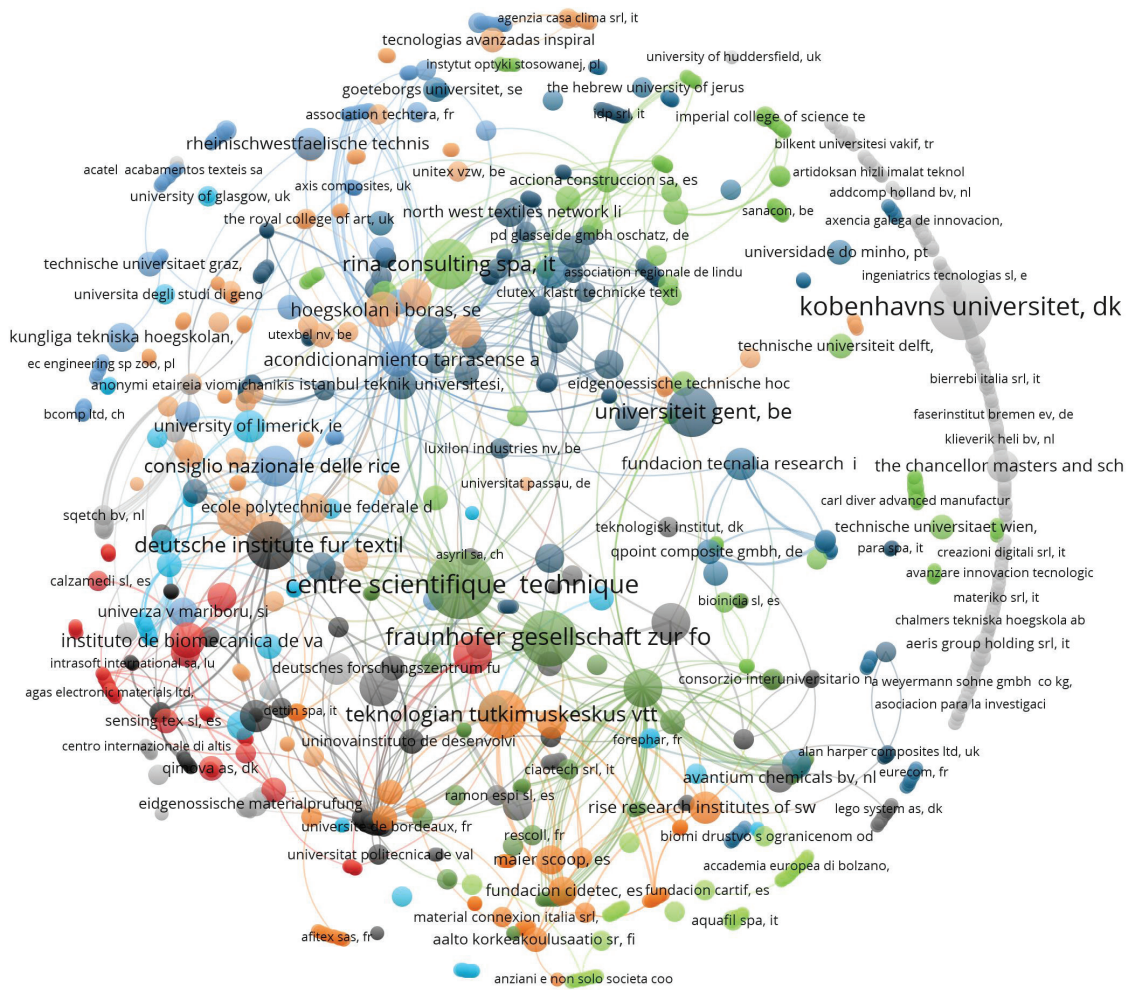


Abbildung 24: Kooperationsnetzwerk, Europäische Forschungsförderung
(Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

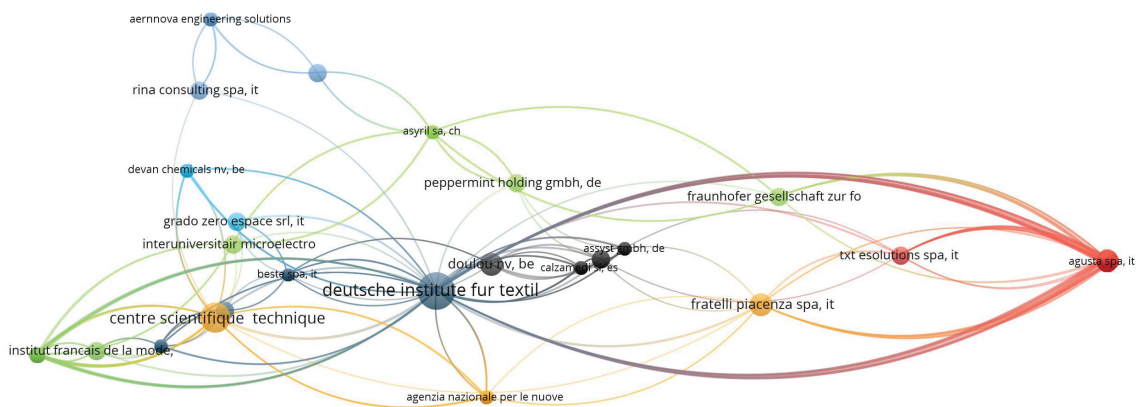


Abbildung 25: Kooperationsnetzwerk, Europäische Forschungsförderung, FKT-Mitglieder
(Quelle: Datengrundlage CORDIS, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

Für Abbildung 25 wurde der verwendete Datensatz nach im Forschungskuratorium Textil (FKT) organisierten Forschungseinrichtungen gefiltert. Abgebildet sind alle verzeichneten Verbundvorhaben mit Beteiligung mindestens eines FKT-Mitglieds.

Man erkennt, dass nicht alle FKT-Mitglieder in europäisch geförderten Verbundprojekten vertreten sind. Die Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) ist mit Abstand am stärksten in solchen Verbundvorhaben vernetzt. Die Kooperationsstruktur des DITF ist primär international ausgerichtet. Verbundprojekte bestehen sowohl mit Forschungseinrichtungen wie dem Institut Français de la Mode in Frankreich als auch mit Privatunternehmen im europäischen Ausland, z. B. Agusta SpA in Italien.

4.2.2 Förderkatalog des Bundes

Die Datengrundlage für die Auswertung von Bundesförderdaten speist sich aus einer Datenabfrage der FÖKAT-Datenbank, die auf Basis des Schlagwortes „textil“ und unter besonderer Berücksichtigung der Förderkategorien „JA – Forschung zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen“, „FD – Ökologie, Naturschutz, nachhaltige Nutzung“ sowie „EA – Rationelle Energieumwandlung“ vorgenommen wurde.

Betrachtet werden Projekte von 2010 bis 2019. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass der FÖKAT einige Datenlücken aufweisen kann. Zudem werden Daten zu einzelnen Bundesförderprogrammen, etwa zum Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), nicht von der Bundesregierung eingespeist. Der FÖKAT ist gegenwärtig die vollständigste Datenquelle für die Auswertung der Bundesförderung.

Für den betrachteten Zeitraum ergibt die Abfrage insgesamt 154 Projekte (54 laufende) mit insgesamt 239 Mittelempfängern. Die Zahl der jährlich anlaufenden Projekte zum Stichwort ist zwischen 2010 und 2019 deutlich angestiegen. Dies könnte darauf hindeuten, dass textile Themen zunehmend in der Bundesförderung berücksichtigt werden.

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen das Ergebnis einer regionalen Aufschlüsselung der Mittelzuflüsse. Die Größe der Kreise zeigt das Gesamtvolumen an, das aus der Bundesförderung in die entsprechende Region geflossen ist. Farblich differenziert erkennt man die Verteilung der Förderung nach Organisationstyp der Empfänger.

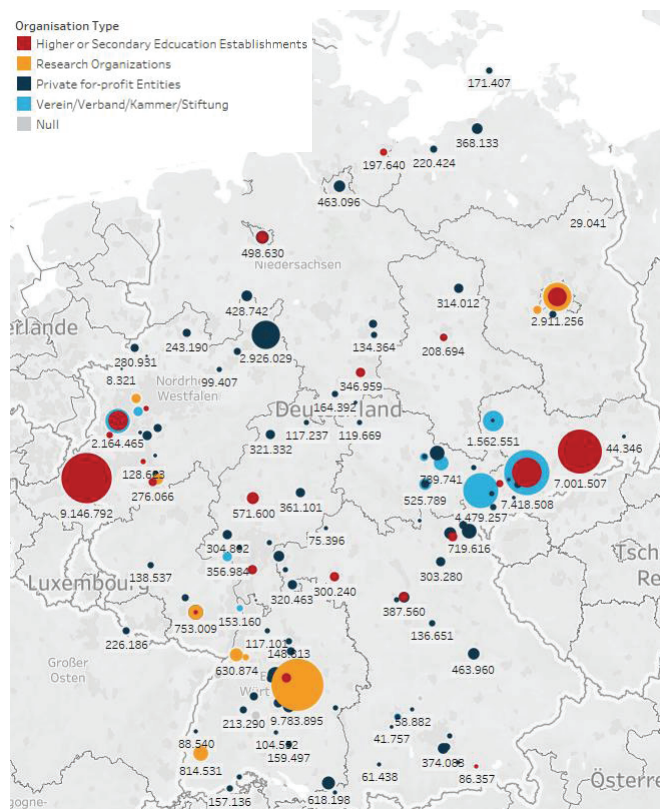


Abbildung 26: Bundesförderung nach Regionen in Euro von 2010 bis 2019

(Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

Die meisten Fördermittel aus den verzeichneten Projekten fließen demzufolge nach Chemnitz, Aachen und Denkendorf. Auch Dresden, Berlin und Greiz erhalten jeweils mehr als 4 Mio. Euro Fördermittel im zugrunde gelegten Zeitraum.

Bei der Betrachtung der Fördervolumina liegt der Schwerpunkt auf Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. In Chemnitz ist im Datensatz ein hoher Anteil an Fördermitteln in der Kategorie „Other“ verzeichnet. Wie in der CORDIS-Datenbank, ist auch im FÖKAT das Sächsische Textilforschungsinstitut (STFI) wegen seiner Rechtsform als eingetragener Verein dieser Akteursgruppe zugeordnet.

Insgesamt fällt im Verhältnis zur europäischen Förderlandschaft auf, dass deutlich geringere Anteile der Fördermittel an Unternehmen fließen. Unter den Orten mit dem höchsten Mittelzufluss verfügen Chemnitz, Berlin und Dresden noch über die größten Fördersummen, die an Unternehmen gehen. Tatsächlich führt die Betrachtung der in diesem Datensatz erfassten Zuschüsse an Unternehmen zu einer Verzerrung. Anders als bei der europäischen Förderung, erhalten privatwirtschaftliche Unternehmen vom Bund keine einhundertprozentige Förderung. Das heißt, die in den analysierten Projekten tatsächlich beweg-

Städteförderung

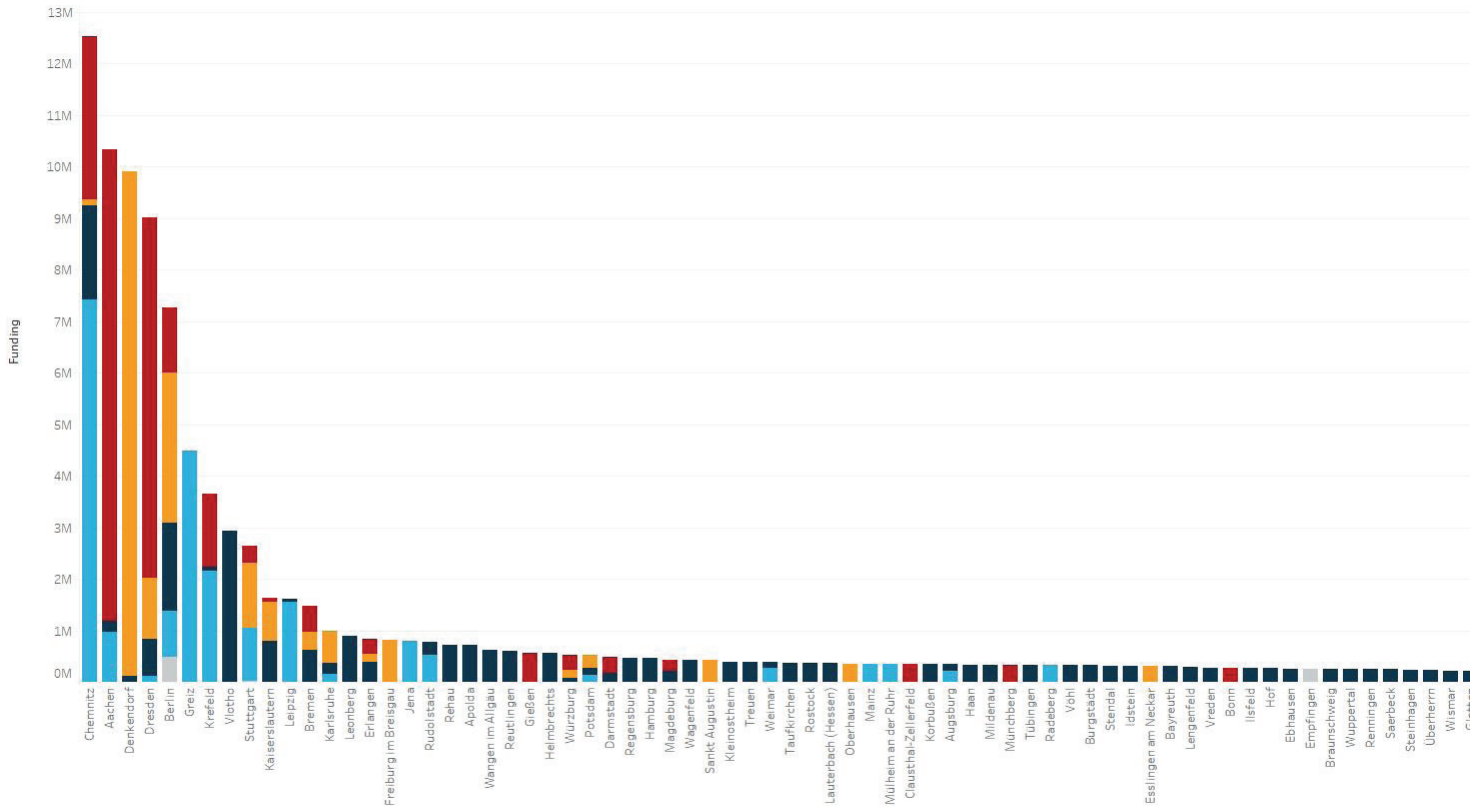


Abbildung 27: Bundesförderung nach Regionen und Organisationstypen in Euro
(Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

ten Finanzmittel enthalten neben den hier erfassten staatlichen Zuschüssen auch einen teils erheblichen Eigenanteil der Unternehmen. Daher ist vor allem die regionale Verteilung der in der Förderung berücksichtigten Unternehmen ein interessanter Indikator. Während sich die größten Textilforschungsinstitute in wenigen Bundesländern konzentrieren, sind in 13 der insgesamt 16 Bundesländer Unternehmen in Förderprojekten im Bereich Textil aktiv.

Abbildung 28 gibt für die höchstgeförderten Projekte die Zahl der beteiligten Organisationen nach Forschungsthema an. Neben Themen der Materialentwicklung und der Entwicklung von Fertigungstechnologie arbeiten viele Akteure zu Wearables, ressourceneffizienten Prozessen, Energieerzeugung und -speicherung sowie Bau und nachhaltigen Produkten.

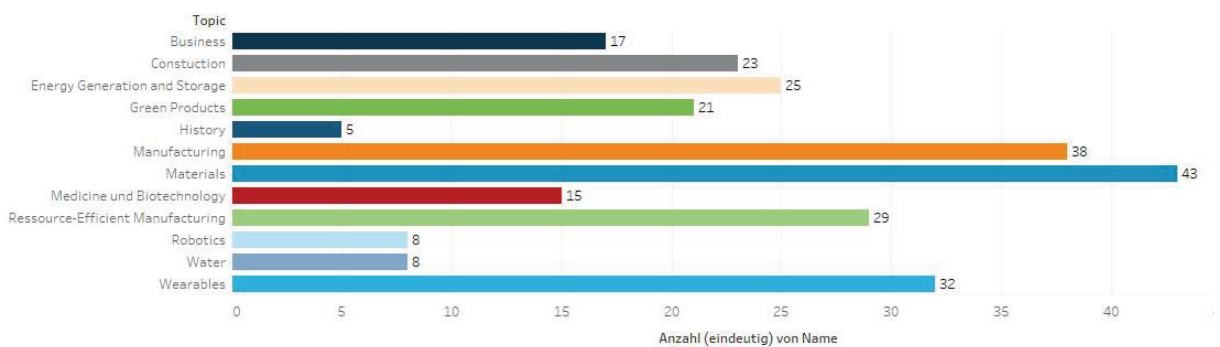
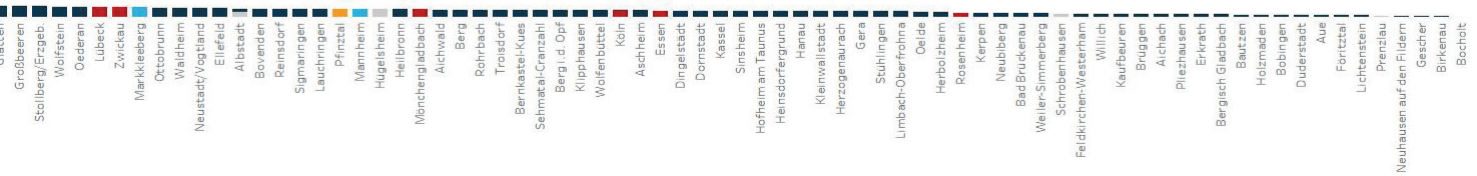


Abbildung 28: Anzahl der beteiligten deutschen Organisationen nach identifizierten Themen für Projekte ab 1,5 Mio. Euro Fördervolumen

(Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)



Im Bereich Wearables fokussieren die einbezogenen Projekte vor allem Fragen der Integration sensorischer Funktionen und der Implementierung von Batterietechnik. Während Wearables auch in der europäischen Forschungsförderung einen Schwerpunkt bilden, ist der Bereich der Energieerzeugung und Speicherung in der nationalen Förderung stärker ausgeprägt. Neben Fragen der Energiespeicherung sind im Bereich Energieerzeugung und -speicherung vor allem Projekte vertreten, die sich mit Materialentwicklungen für Windkraftanlagen befassen.

Während die ressourceneffiziente Gestaltung von Produktionsprozessen offenbar im gesamten betrachteten Zeitraum in der Förderlandschaft eine Rolle spielt, rücken in den vergangenen Jahren vor allem nachhaltige Produkte in den Fokus. Diese Entwicklung konnte zuvor auch für die europäische Förderung festgestellt werden.

Eine erkennbare Differenz zur Analyse der CORDIS-Daten zeigt sich wiederum beim Thema Bau. Während dieses in der europäischen Förderung kaum eine erkennbare Bedeutung hat, hat es in der Bundesförderung in der letzten Dekade erheblich an Gewicht gewonnen.

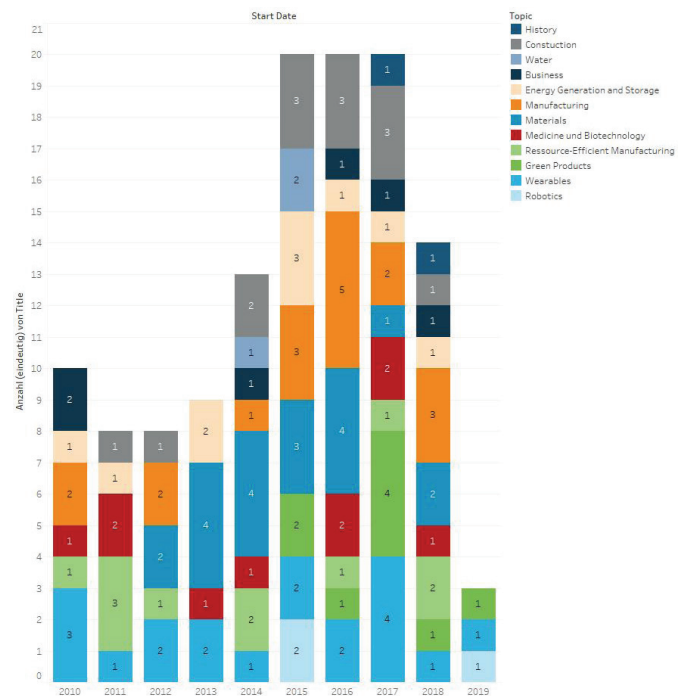


Abbildung 29: Verteilung von Projekten nach Themen für Projekte ab 1,5 Mio. Euro Fördervolumen, Grundlage: höchstgeförderte Projekte (Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

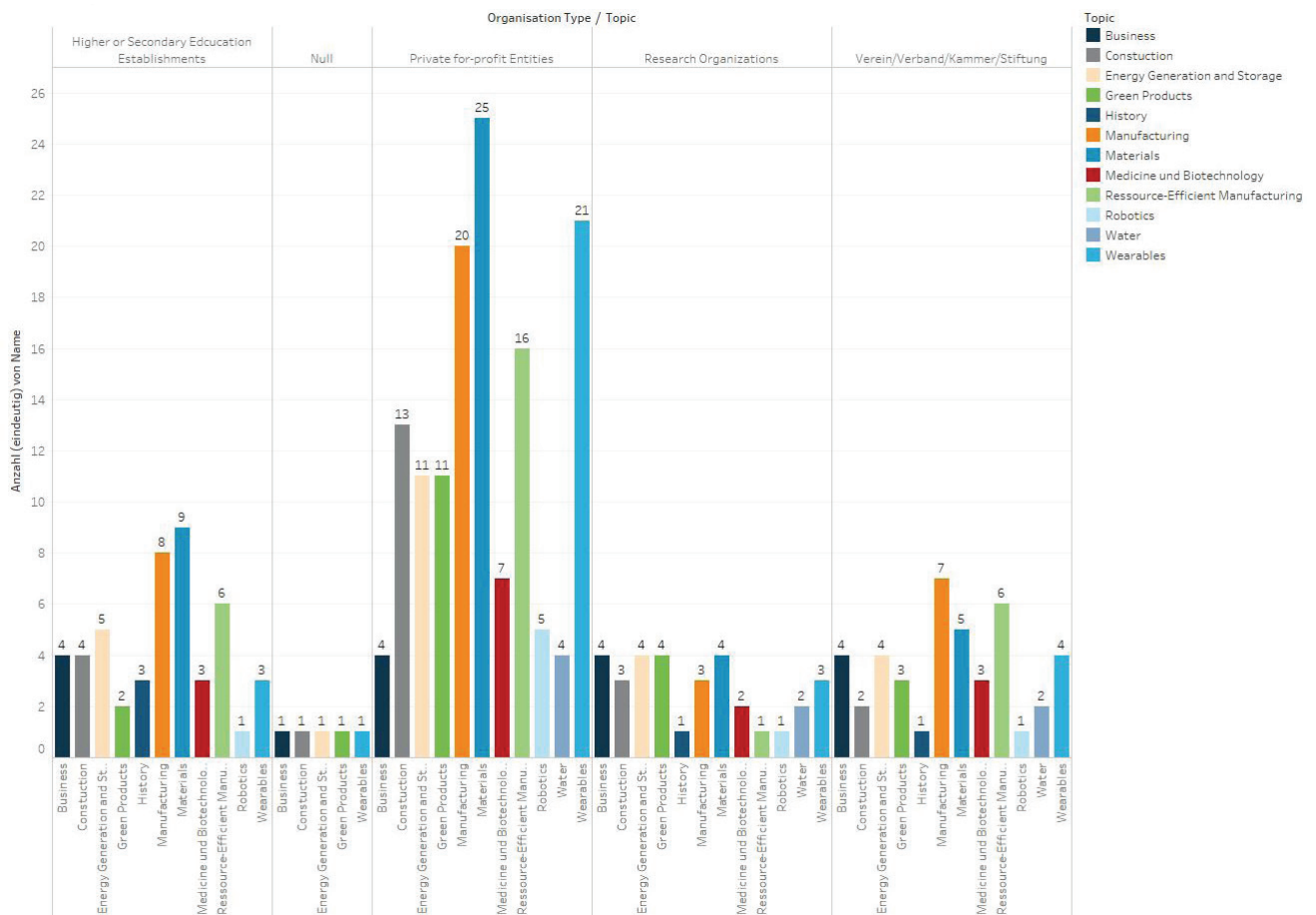


Abbildung 30: Anzahl der geförderten Institutionen nach Organisationstyp und Thema für Projekte ab 1,5 Mio. Euro Fördervolumen
(Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

In Abbildung 30 lässt sich erkennen, wie viele Institutionen nach Organisationstyp gefördert wurden. Innerhalb der Organisationstypen wird darüber hinaus transparent, zu welchen Themen besonders viele Akteure arbeiten.

Zunächst fällt auf, dass – ähnlich der europäischen Forschungsförderung – im Bereich Textil vor allem Unternehmen in Förderprojekten an Innovationen arbeiten. Die von Privatunternehmen am meisten bearbeiteten Themen sind demnach Materialentwicklung, Wearables, Entwicklung von Fertigungstechnologien und ressourceneffiziente Prozesse.

Die Themen der universitären Forschung gleichen im Wesentlichen denen, die von forschenden Unternehmen adressiert werden. Insbesondere wirtschaftliche und ökologische Effizienz von Fertigungsprozessen und Materialentwicklung sind über alle Organisationstypen hinweg ähnlich intensiv bearbeitet. Auffällig ist, dass – anders als in der europäischen Förderung – in der Förderung des Bundes Fragen des Transfers und der Geschäftsmodellentwicklung in allen anderen Organisationstypen eine verhältnismäßig größere

Rolle zu spielen scheinen als für privatwirtschaftliche Unternehmen.

Über Organisationstypen hinweg erscheinen nachhaltigkeitsbezogene Themen als dominant. Denn auch außerhalb der primär dem Bereich nachhaltige Produkte oder ressourceneffiziente Fertigung zugeordneten Projekte zeigt sich, dass auch im Kontext der im Bereich Bau, Energieerzeugung- und -speicherung geförderten Projekte vielfach Nachhaltigkeit eine wesentliche Komponente ist. So lässt sich festhalten, dass die meisten hochgeförderten Projekte zumindest sekundär das Thema Nachhaltigkeit bearbeiten.

Ein tieferer Einblick in die thematische Struktur der geförderten Projekte über eine Topic-Model-Analyse ist, anders als für die europäischen Förderprojekte, nicht möglich, da im FÖKAT keine Kurzbeschreibungen hinterlegt sind. Um einen Einblick zu gewinnen, wie die Kooperationsstrukturen der im FÖKAT verzeichneten Förderempfänger ausgeprägt sind, gibt Abbildung 31 die Vernetzungsstruktur geförderter Organisationen wieder.

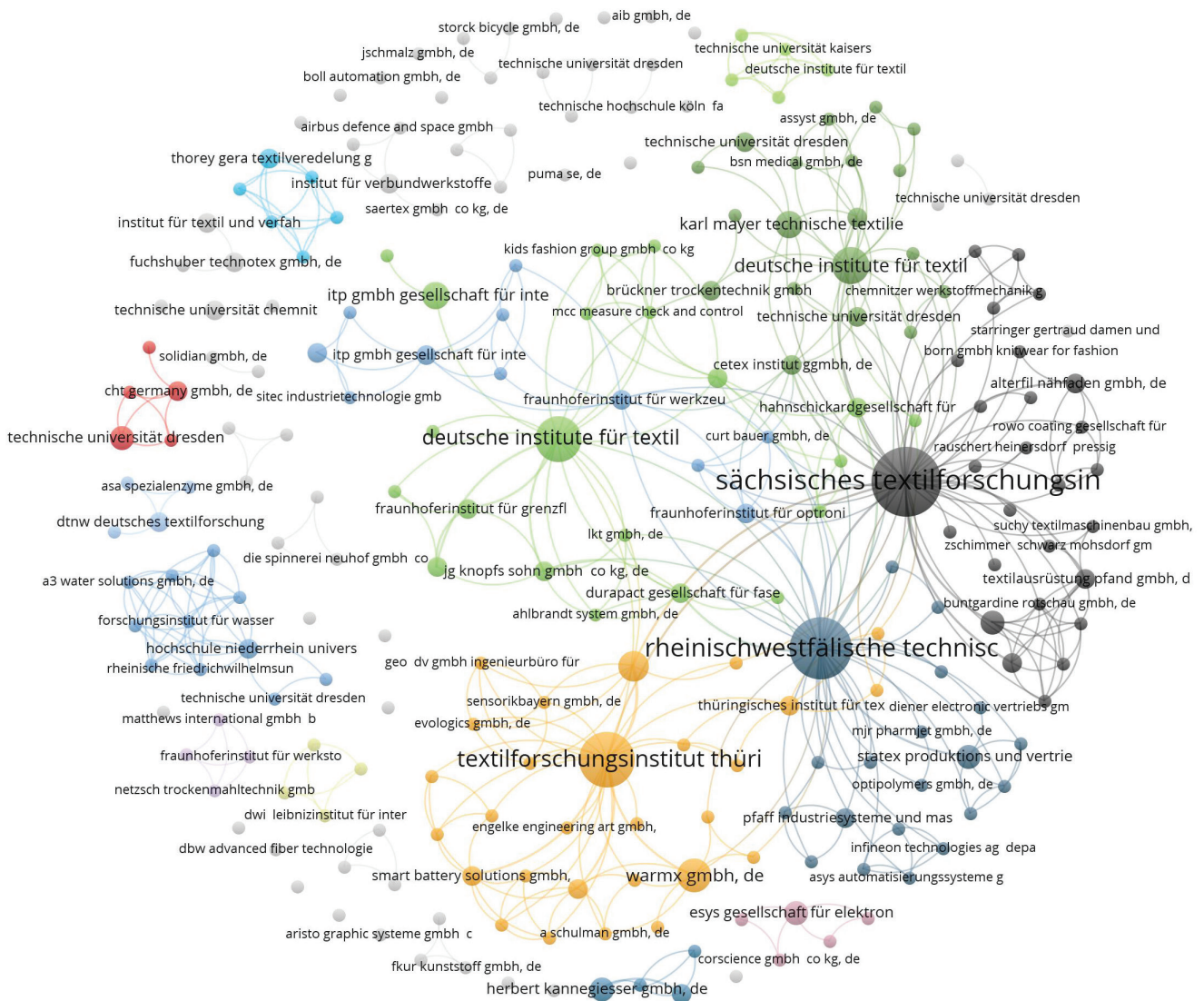


Abbildung 31: Vernetzung der geförderten Akteure
(Quelle: Datengrundlage FÖKAT, eigene Auswertung, Darstellung VOSviewer)

Die Größe der Punkte gibt dabei nicht das Volumen der Förderung an, sondern die Zahl der Projekte, in denen die Organisationen vertreten sind. Bei der Bewertung ist auch hier zu berücksichtigen, dass aufgrund der im Datensatz bestehenden Lücken die in Bundesförderprojekten vorhandenen Verbünde nicht vollständig erfasst sind.

Die Darstellung zeigt deutlich, dass es mit den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF), dem STFI, der RWTH Aachen und dem Textilforschungsinstitut Thüringen Vogtland e. V. (TiTV) gleich vier Akteure gibt, die über eine besonders hohe Vernetzung verfügen. Während diese und einige weitere Organisationen mit diversen Akteuren in Verbundprojekten aktiv sind, weisen andere innerhalb dieses Datensatzes kleinere und isoliertere Kooperationsstrukturen auf. Auffällig ist, dass viele, insbesondere privatwirtschaftliche Unternehmen mit unterschiedlichen Textilforschungsinstituten kooperieren.

4.3 Crunchbase

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Start-up-Datenbank „Crunchbase“ dargestellt. Die Datenabfrage erfolgte über das Stichwort „textil*“. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die zu diesem Stichwort verfügbare Datenmenge äußerst gering und damit nur begrenzt aussagekräftig ist. Auf Basis der verfügbaren Daten lässt sich zunächst die Anzahl von Start-ups nach Ländern identifizieren (Abbildung 32). Bei diesem Vergleich liegt Deutschland weltweit auf Platz drei, gleichauf mit der Schweiz und vor Indien. Die meisten Start-ups werden für die Vereinigten Staaten und Großbritannien ausgewiesen.

Bezieht man nun nicht nur die Anzahl der Start-ups, sondern auch die durch diese angezogenen Investitionsvolumina in die Bewertung ein, stellt sich hingegen ein gänzlich anderes Bild dar (Abbildung 33). Während in China nur fünf und in Deutschland 13 Start-ups verzeichnet sind, liegt Deutschland beim Investitionsvolumen nur auf

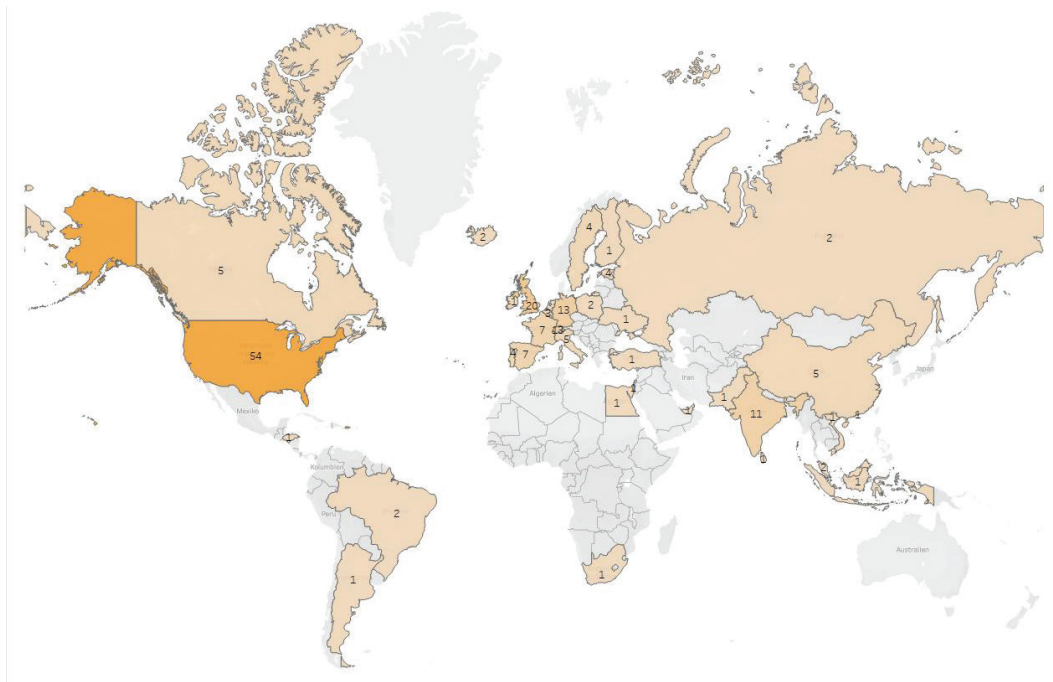


Abbildung 32: Anzahl verzeichneter Start-ups
(Quelle: Datengrundlage Crunchbase, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

Platz neun, mit gut 2,1 Mio. US-Dollar (USD). China liegt in diesem Ranking mit mehr als 307 Mio. USD auf Platz eins. Indien zieht mit insgesamt elf Start-ups 13,5 Mio. USD an. In Großbritannien verteilen sich 18,8 Mio. USD auf 20 Start-ups. Hier ist Deutschland weit abgeschlagen. In anderen Ländern sind eine viel höhere Investitionstätigkeit in Start-ups sowie eine viel größere Dynamik und damit auch Schlagkraft zu konstatieren. Trotz der eingeschränkten Aussagekraft angesichts

einer geringen Datengrundlage lässt sich aufgrund der Eindeutigkeit der vorhandenen Informationen feststellen, dass es deutschen Start-ups im Bereich Textil im Vergleich zur internationalen Konkurrenz offenbar an Schlagkraft beim Investitionsvolumen mangelt. So scheinen neu gegründete Unternehmen anderenorts in der Lage zu sein, deutlich größere Investitionssummen einzuwerben, womit eine größere Dynamik hinsichtlich der Wachstumsgeschwindigkeit einhergeht.

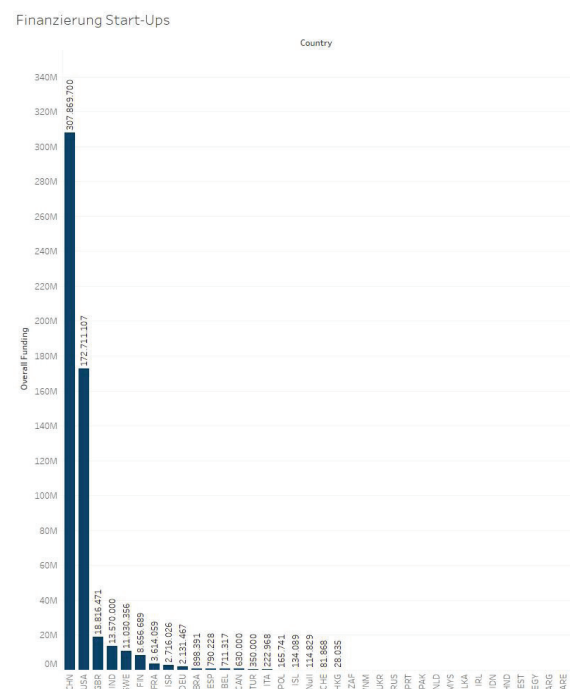
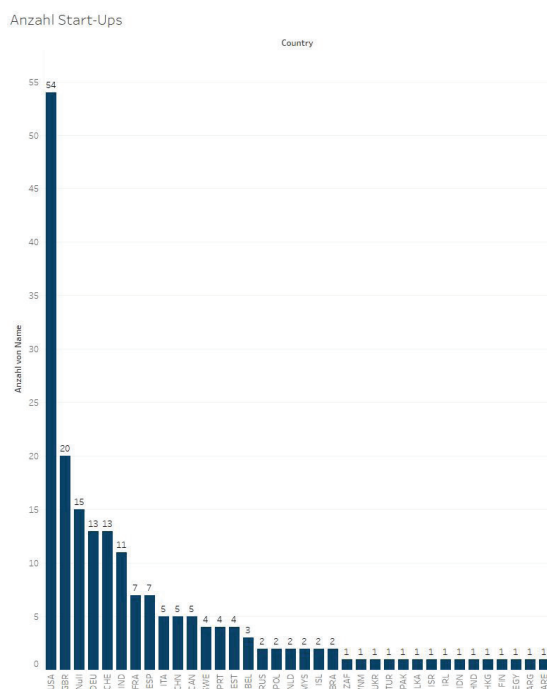


Abbildung 33: Anzahl Start-ups und Investitionssummen in US-Dollar nach Ländern
(Quelle: Datengrundlage Crunchbase, eigene Auswertung, Darstellung Tableau)

5 · Auswertung weiterer Elemente

5.1 Befragung: Textilnahe Ideen

Im Rahmen einer durch das FKT durchgeführten Befragung wurden Branchenexperten online zu ihrer Einschätzung über das zu erwartende Marktpotential (Massenmarkt, Nischenmarkt, geringes Marktvolumen) und den erwarteten Zeithorizont der Diffusion befragt: weniger als fünf Jahre, fünf bis zehn Jahre und mehr als zehn Jahre. Die Basis bildeten insgesamt 219 textilnahe Ideen (Produkt- und Prozessinnovationen), die zuvor im Rahmen der Studien Perspektiven 2025 und Perspektiven 2035 von den beteiligten Fachleuten eingebracht wurden. Die Ideen entstammen einem breiten Spektrum textiler Themen- und Anwendungsgebiete: Architektur, Basis-/Querschnittsthemen (Materialentwicklung, Recycling, Rohstoffe, Sicherheit, Umwelt), Bekleidung, Energie, Ernährung, Gesundheit, Megacities, Mobilität, Produktion/Logistik und Wohnen.

Abbildung 34 zeigt eine Wortwolke mit den Subthemen, zu denen die Experten die meisten potenziellen Anwendungen und Ideen nannten. Im Folgenden werden die von den Befragten als kurz-, mittel- und langfristig für besonders relevant erachteten Anwendungen für die Themen Fahrzeugbau, Funktionalisierung, Materialien, Energieerzeugung, Individualisierung und Recycling ausgewertet.

Fahrzeugbau

Kurzfristig halten die Befragten vor allem **recyclingfähige bzw. wiederverwendbare Komponenten** für den Fahrzeuginnenraum für ein potenziell massenmarktaugliches textiles Anwendungsgebiet, dessen Potential jedoch erst in einem Zeitraum von fünf bis zehn Jahren stärker ausgereizt wird. Der mittlere Zeithorizont ist nach Ansicht der Befragten derjenige, in dem sich wesentliche neue Anwendungsmöglichkeiten für textile Komponenten am Markt durchsetzen werden. Dazu zählen insbesondere **multifunktionale bzw. adaptive Außenhüllen**, z. B. zur flexiblen Anpassung an den Windwiderstand, und **selbstreinigende Textilmaterialien** für Sharing-Fahrzeuge. Insgesamt spiegeln die für besonders relevant gehaltenen Ansätze die im Roadmapping identifizierten Trends in den Bereichen neue Mobilitätskonzepte und Anforderungen an eine hohe Luftqualität in dicht besiedelten Räumen. So halten die Befragten langfristig, in einer Perspektive von mehr als zehn Jahren, vor allem solche Ansätze für marktfähig, durch die Fahrzeuge flexibel an die konkrete Nutzungssituation angepasst werden können, z. B. mittels **transformierbarer textiler Sitze** oder anderer adaptiver Elemente der Innenausstattung. Auch den Einsatz textiler Filtertechnologie im Außenbereich von Fahrzeugen zur Reinigung der Umgebungsluft sehen die Fachleute langfristig als relevanten Markt.



Abbildung 34: Themenhäufigkeit textilnaher Ideen, Top-15 Themen
(Quelle: Daten: FKT, Visualisierung Wordle.net)

Funktionalisierung (von Bekleidung)

Unter „Funktionalisierung“ wurde in der Befragung die Funktionalisierung in einem eng auf das Feld der Bekleidung begrenzten Begriff verstanden. Kurzfristig, innerhalb der nächsten fünf Jahre, halten die Befragten strahlenschützende Alltagsbekleidung mit **UV-Schutzfunktion** sowie **antibakterielle Sportbekleidung** für einen Bereich mit erheblichem Marktpotential. Auch Luftfeuchtigkeit absorbierende Bekleidung, wie textile Gebäude- oder Fahrzeughüllen, gilt für die Experten ebenfalls als ein kurz- (53,85 %) oder mittelfristig (38,46 %) zu realisierendes Anwendungsfeld textiler Lösungen. In einer Perspektive von fünf bis zehn Jahren dürfte nach Einschätzung der Fachleute vor allem mit der **Integration sensorischer Funktionen** zur Überwachung und zur Anzeige des Fitness- bzw. Trainingszustandes von Menschen ein relevantes Marktpotential erschlossen werden. Auf Basis der so gewonnenen Daten werden den Befragten zufolge textilbasierte **Smart-Health-Anwendungen** entwickelt und am Markt platziert werden.

Damit bestätigen die Befragungsergebnisse speziell das im Roadmapping sowie in der Datenanalyse identifizierte Potential für textiles Healthmonitoring.

Materialien

Im Bereich Materialien sehen die Experten vor allem in einer Perspektive über fünf bis zehn Jahre wesentliches Marktpotential für neue Anwendungen. So könnten **schadstoffbindende Textilien** die Produktreife erlangen und in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen zur Luftreinhaltung eingesetzt werden. Ebenfalls mittelfristig ermöglicht die Entwicklung adaptiver Materialien die Schaffung **selbstindividualisierender Textilprodukte**, z. B. Matratzen, die sich selbst an Größe und Gewicht des Menschen anpassen. Langfristig, in einem Zeitraum von mehr als zehn Jahren, erwarten die Fachleute, dass Konzepte einer textilen **Aktorik** die Produktreife erlangen. Dabei nehmen Werkstoffe Signale oder Reize auf und setzen sie selbstständig in Aktionen um, etwa als textile Landeklappen.

Die Befragung verdeutlicht die im Roadmapping identifizierten Potentiale im Bereich der textilbasierten Filtertechnologie und für die Möglichkeiten adaptiver Strukturen, die mittels Textil realisiert werden.

Energieerzeugung

Kurzfristige Anwendungen textiler Lösungen für die Energieerzeugung sehen die Befragten vor allem in Form neuer Konzepte der Windenergienutzung, z. B. durch **textile Windfänger**. Erst in einem Zeitraum von mehr als zehn Jahren rechnen die Experten mehrheitlich mit einer Realisation des Marktpotentials **textiler Solarmodule**. Zwei Drittel halten dies für eine eher langfristige Möglichkeit. Nur ein Drittel der Befragten geht von einer kurzfristigen Verwirklichung solcher Anwendungen aus. Damit stellt die Befragung die im Roadmapping entwickelte zeitliche Perspektive für dieses Anwendungsfeld infrage. Wie in Kapitel 3.3.1 ausgeführt, kamen die am Roadmapping beteiligten Stakeholder zu einer optimistischeren Einschätzung und erwarteten die Herstellung textiler Solarzellen bereits zur Mitte der 2020er Jahre.

Individualisierung

Bei der Individualisierung erwarten die Befragten in den kommenden fünf Jahren relevantes Marktpotential besonders im Bereich einer schnellen **On-Demand-Produktion von Bekleidung** sowie von Shopping-Konzepten, die es Kunden ermöglichen sollen, das Design von Produkten interaktiv mitzugestalten. **Individuelle Maßkleidung** (Mode, Sport und Medizin) mit smarten Funktionen sowie **adaptiv-größenanpassende Kleidung** halten die Fachleute in einem Zeithorizont von fünf bis zehn Jahren für marktfähig. Langfristig, wenn auch mit nur geringem Marktpotential, rechnen die Befragten mit der Realisation von **Second-Skin-Bekleidung**, die z. B. ihre Farbe je nach Situation ändert und nicht gewaschen werden muss.

Die Ergebnisse der Befragung bestätigen die aus dem Roadmapping resultierende Annahme, der Trend zur Individualisierung werde sich bereits kurz- und mittelfristig auf dem Markt für Freizeit- und Sportbekleidung durchsetzen.

Recycling

Ebenfalls einen starken Bezug zur Entwicklung des Bereichs Bekleidung haben die in der Befragung bewerteten Ideen zum Thema Recycling. Bei vielen der abgefragten Anwendungsmöglichkeiten waren die Befragten uneins darüber, wann die betreffenden Beispiele den Markt durchdringen. Mit rund 93 Prozent sind sich die Fachleute jedoch darin einig, dass vollständig **recyclingfähige Bekleidung** ein großes Marktvolumen erreichen kann. Mehr als zwei Drittel der Befragten meint, das entsprechende Marktvolumen werde zumindest innerhalb der nächsten zehn Jahre rea-

Schlüsselressourcen

Die wesentlichen Ressourcen für die Geschäftsmodelle der Zukunft liegen nach Einschätzung der Studierenden bereits in der Entwicklung und Auswahl **nachhaltiger Materialien** als Ausgangspunkt der Herstellung. Mit Blick auf weiche Faktoren halten die Befragten vor allem Offenheit und Neugier auf immer neue Entwicklungen sowie **reaktions-schnelle und flexible Unternehmensstrukturen** für wichtig. Durch eine sinnstiftende Tätigkeit, die wesentliche gesellschaftliche Werte – insbesondere Nachhaltigkeit – als Zieldimension unternehmerischen Handelns anerkennt, werden Beschäftigte motiviert und deren Know-how langfristig gebunden.

Produkte 2035

Die Produkte der Zukunft zeichnen sich durch **Individualität** und **Funktionalität** aus. Dabei geht die Individualisierung nach Ansicht der Studierenden künftig weit über die Anpassung von Design und Maßen an die Bedürfnisse der Konsumenten hinaus und integriert individuelle Zusatzfunktionen. So gehören smarte Anwendungen als integraler Bestandteil von Kleidung in Zukunft zum Alltag.

Gestaltung von Vertriebskanälen und Kundenbeziehungen

Der Vertrieb der Zukunft zeichnet sich durch eine eng miteinander verwobene **Multi-Channel-Struktur** aus. Der stationäre Handel hat sich zu einer Plattform weiterentwickelt, die Kunden und Beschäftigte mittels digitaler wie analoger Schnittstellen in Austausch bringt und so den **Ein-kauf zu einem (sozialen) Erlebnis** macht. Auch der digitale Vertrieb vollzieht sich hochgradig interaktiv: Über digitale Plattformen sind **Kunden** in die Gestaltung und Entwicklung ihres individuellen Produktes **involviert**.

6 · Zusammenfassung

Im Bereich der Textilforschung verfügt Deutschland über eine hervorragende Ausgangslage im internationalen Wettbewerb. Universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen hierzulande gehören weltweit zu den publikationsstärksten Wissenschaftseinrichtungen im Bereich Textil. Textilforschung ist dabei stark interdisziplinär geprägt. So arbeiten wichtige Anwenderdisziplinen, z. B. Energie- und Medizintechnik, in Deutschland besonders stark zu textilen Themen.

Interdisziplinarität, eine hohe Forschungsaktivität von privatwirtschaftlichen Unternehmen und die ausgeprägte Vernetzung von Textilforschungsinstituten mit Industrieunternehmen sind Grundvoraussetzungen für eine an den Markterfordernissen orientierte Entwicklung und den erfolgreichen Wissenstransfer von der Theorie in die Praxis.

Inhaltlich ist die deutsche Forschungslandschaft breit aufgestellt. So arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen an den Themen, die auch international besonders intensiv beforscht werden. In entscheidenden Zukunftsfeldern ist die Forschungsaktivität in Deutschland dabei äußerst stark ausgeprägt. Dazu zählen die Anwendungsbereiche Medizin und Gesundheit (z. B. Health Monitoring), Energiespeicherung, etwa für den Einsatz ins Smart-Wearables, sowie Funktionalisierung von Naturfasern, z. B. zum Ersatz von Karbon- und Glasfasern in Verbundwerkstoffen.

Damit befindet sich die Forschungs- und Entwicklungslandschaft in einer hervorragenden Ausgangslage, um in einem sich verändernden gesellschaftlichen, regulativen und wettbewerblichen Umfeld zu bestehen. Grundvoraussetzung dafür ist jedoch, dass künftige Veränderungen rechtzeitig erkannt werden und Unternehmen, Wissenschaft, Verbände sowie Politik die richtigen Konsequenzen ziehen (siehe dazu Kapitel 7).

Wer gestaltet die textile Zukunft?

Trotz der guten Ausgangslage sieht sich die Branche einem enormen Anpassungsdruck ausgesetzt. Die globale Klimakrise und der Ruf nach ökologischer Transformation der Wirtschaft, Digitalisierung, der demografische Wandel, sich differenzierende Lebenswelten und der Wunsch junger Menschen nach Vereinbarkeit privater und beruflicher Verwirklichung, die fortschreitende Urbanisierung sowie eine multipolare Weltordnung verändern das Umfeld von Textilindustrie und Textilforschung. Textile Kompetenz und textile Lösungen können einen wesentlichen Beitrag leisten, um die Welt nachhaltiger und das Leben von Menschen gesünder sowie komfortabler zu machen. Daher hat Textil Zukunft. Und die Zukunft wird in

vielen Anwendungsfeldern noch stärker von textilbasierten Lösungen geprägt werden, als sie es heute bereits ist. Für Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland kommt es darauf an, diese Zukunft maßgeblich mitzugestalten, um auch diese Transformation erfolgreich zu bewältigen.

Kurzfristiges Szenario: 2020 bis 2025

Bereits in den kommenden fünf Jahren dürfte sich der Anpassungsdruck auf die Branchen enorm ausweiten. Insbesondere der gesellschaftliche Wandel zu einem achtsameren und bewussteren Umgang mit dem eigenen Leben und der Umwelt führt zu sich überlagernden Entwicklungen. So dürfte sich in Folge strengerer Regulierung – und speziell durch die CO₂-Bepreisung – der Kostendruck auf die Textilhersteller zuspitzen. Gleichzeitig wird das wachsende Nachhaltigkeitsbewusstsein zunehmend nachfragewirksam. Ausgehend von hochpreisigen Marktsegmenten und bestimmten Anwendungsbranchen, fragen Endanwendende verstärkt nachhaltig erzeugte und recyclingfähige Produkte nach. Kapitalmärkte reagieren auf steigende Risiken umweltschädlicher Technologien und konzentrieren Investitionsmittel vermehrt dort, wo mit Nachhaltigkeit Rendite zu erzielen ist.

Der Wunsch junger Menschen nach flexiblen Arbeitszeiten wird den ohnehin hohen Altersdurchschnitt in Textilunternehmen weiter erhöhen. Dadurch wird die Gefahr des Verlustes von Expertenwissen zusätzlich verschärft.

Textilforschung und Textilindustrie haben bereits damit begonnen, auf diese Entwicklungen zu reagieren. Innerhalb der nächsten fünf Jahre dürfte vor allem der kosten- und nachfrageseitige Druck zu einer beschleunigten Adaption nachhaltiger Technologien wachsen. Besonders bei Technologien zur Einsparung und Reinigung von Brauchwasser in der Textilherstellung und -verarbeitung dürften kurzfristig entscheidende Fortschritte erzielt werden. Sowohl in Deutschland als auch international wird seit Jahren verstärkt an entsprechenden Lösungen gearbeitet.

Die beschleunigte Adaption digitaler Simulation und der Einsatz von 3D-Druck-Technologie im Prototyping lässt Textilhersteller nicht nur schneller auf sich wandelnde Kundenanforderungen reagieren; vielmehr ermöglichen diese Technologien auch eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs.

Neben einer Senkung des Ressourceneinsatzes schreitet auch die Substitution von Kunst- durch Naturfasern voran. Diese werden zunehmend in

Anwendungsbereichen einsetzbar, in denen zuvor Kunstfasern genutzt wurden. Um der hohen Nachfrage nach Naturfasern entsprechen zu können, erschließen Faserhersteller zunehmend alternative Quellen, etwa aus Algen, Agrarreststoffen oder forstwirtschaftlich generierter Cellulose.

Die Produktentwicklung orientiert sich derweil zunehmend an den Bedürfnissen der Endnutzerin und des Endnutzers von Produkten mit textilen Komponenten. Die bereits bestehende enge Zusammenarbeit mit Anwendungsbranchen wird daher noch weiter verstärkt werden. Gemeinsam nimmt man bereits in der Designphase den gesamten Lebenszyklus des späteren Produktes in den Blick und optimiert dessen Recyclingfähigkeit.

Zusätzlich zur Produktentwicklung wird auch die Interaktion mit der Kundschaft direkter und interaktiver. Konsumierende fordern und erhalten durch eine höhere Transparenz umfassende Informationen über Produkte und Leistungen. Über digitale Kanäle lässt sich Feedback der Kundschaft dabei unmittelbarer in die Entwicklungsarbeit einspeisen. E-Commerce wird auch im B2B-Geschäft verstärkt zu einer Grundvoraussetzung, überhaupt noch am Markt wahrgenommen zu werden. Nachhaltige Produkte dürften zunächst vor allem im Automotive-Sektor und im Bereich Home und Living nachgefragt werden. Diese Anwendungsbranchen könnten so als Treiber fungieren und Textilherstellern den Aufbau zusätzlicher Kompetenzen in der Entwicklung nachhaltiger Produkte ermöglichen, die später auch in anderen Anwendungsbranchen genutzt werden können.

Nicht nur die bedeutsamer werdende Nachhaltigkeit verändert in den kommenden Jahren die Nachfrage nach textilen Erzeugnissen. Auch der demografische Wandel und die weiter zunehmende Urbanisierung dürften Märkte für neue Produkte schaffen. So erzeugt eine alternde Gesellschaft neue Bedarfe an unterstützenden Anwendungen, die in alltäglichen Abläufen entlasten, für ein Mehr an Komfort sorgen und die Gesundheit von Menschen unterstützen. Die Verdichtung urbaner Räume führt zu neuen Anforderungen in wichtigen textilen Anwendungsgebieten. So führen neue Mobilitätskonzepte zu veränderten Anforderungen, etwa bei textilen Komponenten für Fahrzeuge und – perspektivisch – Fluggeräte. Raummangel und der daraus resultierende Druck zur Nachverdichtung schaffen Potential für textile Lösungen in der Bauwirtschaft, z. B. textilbewährte Baustoffe wie Textilbeton.

Mittelfristiges Szenario: 2025 bis 2030

Der gesellschaftliche und regulatorische Anpassungsdruck dürfte sich in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre weiter zuspitzen. In Folge der – auch in Mitteleuropa immer deutlicher werden – Auswirkungen des Klimawandels und angesichts schwindender Ressourcen wird zum Ende des Jahrzehnts eine doppelte Akzeptanzschwelle erreicht. Erstens dürfte sich in breiten Bevölkerungsteilen eine Akzeptanz für weitreichende, auch ordnungspolitische Eingriffe entwickeln. Zweitens dürfte sich das Verbraucherverhalten soweit wandeln, dass „Nachhaltigkeit“ als zentrales Verkaufsargument akzeptiert wird.

Angesichts der Altersstruktur der Belegschaften (Marschall et al., 2020, S. 10) dürfte sich in der Textilindustrie auch das Nachwuchsproblem zuspitzen; dadurch wird es zu einem erheblichen Verlust von Expertenwissen in vielen Betrieben kommen.

Die beschriebenen Entwicklungen erfordern produkt- wie prozesseitig eine erhebliche Innovationsentwicklung. Der kostenseitige Druck in Verbindung mit dem Verlust erfahrener Beschäftigter dürfte so die Entwicklung bei Prozessautomatisierung stark beschleunigen. Insbesondere die Adaption selbstlernender Prozesse und spürbar sinkende Investitionskosten für digitale Schlüsseltechnologien dürften bis zum Ende der 2020er Jahre eine nahezu vollständige Automatisierung textiler Prozesse ermöglichen.

Um den Bedarf an nachhaltig erzeugten Produkten zu decken und verschärfte Regulierungen einzuhalten, muss es zu erheblichen Fortschritten bei nachhaltigen Prozesstechnologien kommen. Zum Ende des Jahrzehnts könnte eine Textilproduktion ohne Wasserverbrauch und -verunreinigung realisiert werden. Die Herausforderungen vollständiger Transparenz der Stoff- und Warenströme ist kostengünstig möglich; entsprechende Technologien haben einen hohen Reifegrad erreicht.

Die Entwicklung flexibler Fertigungstechnologien dürfte so weit voranschreiten, dass sie sich in vernetzte Wertschöpfungsketten integrieren lassen und damit eine schnelle, kundenindividuelle Produktion – on demand – zu marktfähigen Preisen ermöglichen.

Textile Geschäftsmodelle entwickeln sich derweil vermehrt weg von der primären Produktion. So entstehen verstärkt hybride Geschäftsmodelle, mit denen das stärkere Bedürfnis Konsumierender nach hochwertigen, nachhaltigen und dafür stark individualisierten Produkten befriedigt wer-

den kann (z. B. Cradle-to-Cradle-Services, Mietkleidungsservices). Im B2C-Geschäft entsteht dadurch eine enge Bindung des Kunden an das für ihn hergestellte Produkt.

Im B2B-Geschäft wird es neben hochwertiger Funktionalität wichtiger, die Ökobilanz textiler Komponenten zu berücksichtigen. So wird die Recyclingfähigkeit technischer Textilien zu einem am Markt gefragten Zusatznutzen.

In Folge zunehmender Akzeptanz textiler Lösungen in wichtigen Anwendungsbereichen, z. B. in der Medizintechnik, im Fahrzeug- und Fluggeräteaufbau, der Bauwirtschaft und der Energietechnik, erwächst – ausgehend von einer engen branchenübergreifenden Entwicklungsarbeit – erheblicher Koordinationsbedarf. So dürften neue Geschäftsmodelle entstehen, etwa in Form von Entwicklungs- und Matchmaking-Plattformen.

Langfristige Entwicklung: 2030 bis 2035

In der ersten Hälfte der 2030er Jahre dürfte der Wandel der Konsumgesellschaft zu einer hohen Sensibilität für Nachhaltigkeit und dem Bedürfnis nach hochwertigen, individuellen Produkten weitgehend vollzogen sein. Nachhaltigkeit wird für weite Teile der Gesellschaft zum Standard und von der Kundschaft inzwischen vorausgesetzt. Im B2C-Geschäft haben Mietkleidungskonzepte das Kaufen als dominantes Vertriebsmodell abgelöst. Konsumierende und Textilhersteller stehen in einem interaktiven Austausch, der Kunden einen vollständigen, transparenten Zugang zu allen Informationen entlang des gesamten Stoffkreislaufes sowie die individuelle Spezifikation des eigenen Produktes ermöglicht. Lokale On-demand-Produktion hat sich im B2C-Bereich zu einem verbreiteten Geschäftsmodell entwickelt.

Auf technologischer Ebene werden letzte Automatisierungslücken geschlossen, besonders über die Lösung verbleibender Herausforderungen bei der Interoperabilität entlang der Prozesskette. Auch für komplexe textile Systeme stehen marktfähige Entfügetechnologien zur Verfügung, wodurch das Recycling von Verbundwerkstoffen ebenfalls möglich wird. Damit dürften die Verbreitung und die zunehmende Akzeptanz textiler Lösungen in Anwendungsfeldern wie der Bauwirtschaft und dem Fahr- und Flugzeugbau weiter verstärkt werden.

Während vormalige Entwicklungs- und Schwellenländer zunehmend auch auf dem Gebiet technischer Textilien in Konkurrenz zu deutschen Herstellern treten, können sich diese insbesondere durch ihre Kompetenz bei nachhaltigen Produkten und Prozessen im Wettbewerb behaupten.

Strukturell kann es der Branche gelingen, über ihre Kompetenzen in der Entwicklung nachhaltiger Produkte und der Beherrschung nachhaltiger Prozesse die Transformation vom Komponenten- zum Systemhersteller zu vollziehen, indem sie an die Stelle von Systemanbietern tritt, etwa im Bereich der Energietechnik.

7 · Handlungsfelder und -optionen

Die in dieser Studie vorgelegte Abschätzung eines Entwicklungspfades von Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland bis 2035 stellt kein Zukunftsszenario dar, dem der Textilsektor gewissermaßen passiv ausgesetzt wäre. Vielmehr will diese Studie eine Orientierungshilfe liefern und diskutiert die unterschiedlichen Einflüsse gesellschaftlicher, ökonomischer sowie politischer Veränderungen in ihrem Wechselspiel. Um die zuvor beschriebenen Chancen für den Textilsektor zu nutzen und die Herausforderungen zu bewältigen, sind Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Verbände und politische Entscheider gefordert, die Zukunft proaktiv zu gestalten. Der gemeinsame Gestaltungswille sollte dabei von dem Ziel getragen sein, als Branche die neuen Technologien zu entwickeln und am Markt zu platzieren, die einen langfristigen Beitrag zu einer nachhaltigen, gesunden und lebenswerten Zukunft leisten. Nur so kann auch die Wettbewerbsfähigkeit von Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland angesichts eines sich zuspitzenden Anpassungsdrucks erhalten werden.

7.1 Unternehmerisch gestalten

Produkte für die Gesellschaft von morgen entwickeln

Die meisten textilen Anwendungsgebiete stehen vor grundlegenden Veränderungen. Endanwender stellen neue Anforderungen an Produkte und Services. Wertschöpfungsstrukturen wandeln sich – und damit auch die Anforderungen an textile Komponenten und Systeme. Als klassische Zulieferindustrie stellt dies den Textilsektor vor besondere Herausforderungen. So kann der fehlende unmittelbare Kontakt zur Endkundschaft die Anpassung an neue Anforderungen verzögern. Um auf künftige Bedarfe der Anwendungsbranchen frühzeitig vorbereitet zu sein, sollten Unternehmen noch stärker proaktiv die Bedürfnisse von Endkunden antizipieren und ein kontinuierliches Monitoring durchführen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, das eigene Kompetenzprofil grundlegend zu evaluieren. Dabei stehen zwei Fragen im Mittelpunkt: Welche (genutzten und ungenutzten) Kompetenzen meines Unternehmens kann ich dazu nutzen, künftige Bedürfnisse von Endanwendenden zu befriedigen? Welche Kompetenzen fehlen mir und müssen über Partner der eigenen oder einer anderen Branche ergänzt werden? Mit dieser Evaluierung wird die Voraussetzung geschaffen, neue Produkte und Services zu entwickeln, die heute noch nicht von den Anwendungsbranchen gefordert werden.

Potential für neue Geschäftsmodelle aufdecken

Über die Weiterentwicklung von Produkten und Services hinaus müssen Unternehmen auch die langfristige Tragfähigkeit ihres Geschäftsmodells kritisch bewerten. So verschieben sich in Folge der Digitalisierung und der Entwicklung einer multipolaren Weltordnung wirtschaftliche und politische Machtkonstellationen. Ein sich wandelndes Konsumverhalten, strengere Umweltauflagen und die Erhöhung von CO₂-Preisen verändern grundlegend, wie und was produziert und vertrieben wird. Diese Entwicklungen stellen bestehende Geschäftsmodelle infrage. Damit sind Unternehmen gefordert, bereits heute Perspektiven für neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, die auch in zehn oder fünfzehn Jahren tragfähig sind. Dafür hat der Textilsektor in Deutschland beste Voraussetzungen, da er an wesentlichen, zukunftsrelevanten Fragestellungen bereits seit Jahren arbeitet. Digitalisierung bietet die Chance, mit nachhaltigen und hochwertigen Produkten neue Geschäftsfelder zu erschließen. Digitalisierung ermöglicht neue Formen der Vernetzung von Unternehmen über unterschiedliche Wertschöpfungsstufen hinweg bis zur Endkundschaft. So wird eine flexible und schnelle Reaktion auf kundenindividuelle Bedarfe und die Entwicklung hybrider Geschäftsmodelle erleichtert.

Interaktive Schnittstellen schaffen

Um rechtzeitig Produkte für die Gesellschaft von morgen zu entwickeln und die eigenen Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln, bedarf es eines hohen Maßes an Kooperation. Erforderlich ist gegenseitige Offenheit und die Bereitschaft zum Austausch: Über welche Kompetenzen verfügt mein Unternehmen oder meine Forschungseinrichtung? Wo liegen gegenwärtig noch unsere Grenzen und wo benötigen wir die Kompetenzen anderer, um neue Produkte und Prozesse zu entwickeln? Unternehmen und Forschungseinrichtungen müssen proaktiv auf eine stärkere Transparenz hinwirken. Ein breites Netzwerk potenzieller Partner ist schneller und wirksamer in der Lage, auf sich wandelnde Anforderungen zu reagieren und marktfähige Lösungen zu entwickeln.

Die Märkte von morgen schon heute entwickeln

Langfristige Transformationsprozesse sind unter den Bedingungen begrenzter finanzieller und zeitlicher Ressourcen nur schwer proaktiv zu entwickeln. Zu groß sind vielfach die Anreize, sich auf gegenwärtig gut laufende Geschäftsfelder zu konzentrieren. Dies gilt umso mehr, wenn z. B. das zunehmende Bewusstsein für Nachhaltigkeit erst allmählich marktwirksam wird.

Daher gilt es, bei der Einführung neuer Produkte und Services und der Veränderung bestehender Geschäftsmodelle einen schrittweisen Veränderungsprozess einzuleiten und Zukunftsmärkte langfristig zu entwickeln. In Geschäftsfeldern, in denen bereits heute Abnehmer spürbar höhere Anforderungen an nachhaltig produzierte textile Komponenten stellen, z. B. im Automobilssektor, sollten Textilhersteller möglichst frühzeitig in diesem Bereich Erfahrungen in der Entwicklung und Vermarktung nachhaltiger Produkte aufbauen. Diese Erfahrungen können dann auf andere Geschäftsfelder übertragen werden, wenn auch andere Märkte aufnahmefähig sind. Dabei können Textilhersteller selbst dazu beitragen, Märkte für nachhaltige Produkte zu entwickeln, etwa indem sie zunächst kleine Serien hochwertiger, nachhaltiger Produkte für Kunden mit entsprechender Zahlungsbereitschaft entwickeln und produzieren. Auch dies erlaubt den Aufbau von Erfahrung bei der Entwicklung und Herstellung nachhaltiger Produkte.

Arbeit mit Sinn – neues Identifikationspotential schaffen

Mit der Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsfelder schafft der Textilsektor zusätzliches Potential, Beschäftigte langfristig zu binden und junge Menschen für einen Einstieg in Unternehmen der Branche zu begeistern. Wenn Unternehmen mit einer glaubhaften Vision eine sinnstiftende Beschäftigung bieten, z. B. indem Beschäftigten die Teilhabe an der Entwicklung nachhaltiger Produkte oder der Entwicklung innovativer Lösungen für ein gesünderes und längeres Leben ermöglicht wird, könnte dies die Attraktivität der Branche als Arbeitgeber erhöhen. Zugleich bedarf es verstärkter Anstrengungen, Beschäftigten flexible Arbeitszeiten zu bieten. Entsprechende arbeitsorganisatorische Modelle, die z. B. eine größere Flexibilität auch bei Schichtarbeit ermöglichen, sollten ernsthaft erprobt werden.

7.2 Verbände und Branchenvereinigungen

Potentiale neuer Absatzmärkte analysieren

Im Zuge des wirtschaftlichen und politischen Aufstiegs vormaliger Schwellen- und Entwicklungsländer, insbesondere in Asien und Südamerika, verändern sich die Bedingungen des internationalen Wettbewerbs. Neue Wettbewerber treten in Erscheinung, neue Absatzmärkte entwickeln sich. Damit sich der Textilsektor auf diese Herausforderungen einstellen und das Potential neuer Märkte rechtzeitig erschließen kann, sind die Tex-

tilverbände gefragt: Sie sollten ein kontinuierliches Monitoring dieser Entwicklung durchführen und ihre Mitgliedsunternehmen dabei unterstützen, internationale Partnerschaften strategisch auszubauen und Produkte für neue Absatzmärkte zu entwickeln.

Interdisziplinäre Anwendungsforschung stärken

Die zunehmende Geschwindigkeit und Komplexität von Veränderungsprozessen wandelt die Anforderungen an die Gestaltung von Forschungsförderung und Entwicklungsprojekten. Analog zur unternehmensübergreifenden Kooperation ist eine Verstärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit notwendig. Um den Transfer von Neuentwicklungen aus der Forschung in die Praxis zu beschleunigen und die Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen voranzutreiben, kann z. B. die verstärkte Berücksichtigung einschlägigen betriebswirtschaftlichen Know-hows sinnvoll sein. Um innerhalb von Unternehmen notwendige Veränderungsprozesse zu begleiten und eine, möglichst für alle Beschäftigtengruppen verträgliche, Adaption neuer Technologien zu erleichtern, kann die Einbeziehung arbeitssoziologischer Kompetenzen hilfreich sein. Verbandsseitig kann sowohl durch die Ausrichtung der eigenen Förderinstrumente als auch durch entsprechende Beratungs- und Vernetzungsaktivitäten die Interdisziplinarität verstärkt werden.

Beratungs- und Vernetzungsangebote ausweiten

Unter starker Beteiligung der Verbände bestehen bereits heute zahlreiche Beratungs- und Vernetzungsinitiativen, die Unternehmen dabei unterstützen, sich mit aktuellen Veränderungen wie der Digitalisierung auseinanderzusetzen. Während die hohe Nachfrage nach diesen Angeboten deren Qualität und Relevanz unterstreicht, reichen die bestehenden Maßnahmen nicht aus, um angesichts des sich zuspitzenden Anpassungsdrucks mit der Geschwindigkeit der Veränderungen Schritt zu halten. Nötig ist eine stärkere thematische Zuspitzung, z. B. durch die Entwicklung neuer, thematisch spezialisierter Beratungs- und Vernetzungsplattformen wie des „Kompetenzzentrums Textilrecycling“, und eine Weiterentwicklung bestehender Beratungsangebote in Richtung echter Umsetzungsberatung, die Unternehmen bei der Implementierung neuer Produkte und Prozesse begleitet. Kurzfristig sollten sowohl neue als auch bestehende Beratungsangebote vor allem solche Themen adressieren, bei denen ein besonders großer Anpassungsdruck besteht, etwa die Etablierung von E-Commerce im B2B-Geschäft.

Internes und externes Benchmarking zur Verbesserung des Wissenstransfers

Über die bereits beschriebenen Maßnahmen zur Optimierung des Wissenstransfers in die Praxis hinaus sind Verbände und Branchenorganisationen gefordert, bestehende Kooperations- und Förderstrukturen kritisch zu hinterfragen. So bedarf es eines brancheninternen wie branchenübergreifenden Benchmarkings, das bislang ungenutzte Potentiale für eine Verbesserung des Transfers ausschöpft.

Matchmaking-Plattformen entwickeln

Während es in der Verantwortung jedes einzelnen Unternehmens liegt, die notwendige Offenheit gegenüber unternehmensübergreifendem Austausch zu Kompetenzen und Kompetenzbedarfen zu leben, können Verbände und Branchenorganisationen hier eine entscheidende Schnittstellenfunktion einnehmen. Sie verfügen nicht nur über die notwendige Neutralität und Glaubwürdigkeit, um vertrauensbildend zu wirken, sie nehmen bereits heute die beschriebenen Schnittstellenfunktionen in der Praxis wahr. Dennoch sind auch die bestehenden Möglichkeiten seitens der Verbände begrenzt. So ist die Bereitstellung und Vermittlung von Informationen über Kompetenzprofile von Unternehmen bislang mit einem nicht unerheblichen administrativen Aufwand verbunden, sowohl für die Verbände als auch für Unternehmen, die den Verband konsultieren. Um den Austausch zwischen potenziell kooperationswilligen Unternehmen zu verbessern, sollten daher die Möglichkeiten der Digitalisierung genutzt werden. Über die Bereitstellung digitaler Matchmaking-Plattformen lässt sich die Anbahnung von Kooperationen schneller und effizienter gestalten, was angesichts des marktseitigen Trends zu schnelleren Entwicklungszyklen umso gebotener scheint.

7.3 Politische Rahmenbedingungen setzen

Während Unternehmen und Verbände in der Verantwortung stehen, den Textilsektor zukunftsfähig aufzustellen, bedarf es flankierender politischer Maßnahmen, um die erforderlichen Rahmenbedingungen sicherzustellen.

Entwicklung wirksamer und verbindlicher Regulierungsfahrpläne

Die umweltpolitischen Maßnahmen der Bundesregierung – alle voran die geplante Einführung einer CO₂-Bepreisung – stellen Textilherstellende in Deutschland vor erhebliche wirtschaftliche Herausforderungen. Zugleich setzt schärfere Regu-

lierung immer auch Anreize, um die nachhaltige Transformation der Industrie noch stärker voranzutreiben. Damit Unternehmen und Verbände die notwendigen Veränderungen erfolgreich gestalten können, bedarf es einer verlässlichen und transparenten Umwelt- und Industriepolitik. Daher liegt es im Interesse von Unternehmen und Beschäftigten nicht nur im Textilsektor, dass die Weiterentwicklung der Wirtschaft auf Basis eines nationalen Nachhaltigkeitskonsenses begleitet und vor allem von einer breiten Mehrheit der Bevölkerung getragen wird. Wenn daraus resultierende regulatorische Eingriffe in den Markt vorgenommen werden, sind verbindliche und nachvollziehbare Regulierungsfahrpläne nötig, um Unternehmen die erforderliche Planungssicherheit zu geben.

Beschleunigung von Standardisierungsprozessen

Die hohe Innovationskraft von Textilforschung und Textilindustrie in Deutschland ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg des Sektors im internationalen Vergleich. Um einen Transfer neuer Entwicklungen in die Praxis zu erleichtern, bedarf es insbesondere in hoch regulierten Anwendungsbereichen einer Beschleunigung von Standardisierungs- und Zulassungsverfahren. So gibt es noch immer hohe regulatorische Hürden, um in Deutschland entwickelte textilbasierte Lösungen z. B. in der Bauwirtschaft anwenden zu können. Bestehende Technologievorsprünge drohen, mittelfristig verloren zu gehen, mit entsprechenden wirtschaftlichen Folgen. Wie im Falle des Karbonbetons bleiben auch Nachhaltigkeitspotentiale ungenutzt, wenn etwa CO₂-sparende Technologien an der Marktdurchdringung gehindert werden.

Start-up-Kooperationen fördern

Insbesondere angesichts schneller werdender Entwicklungszyklen und eines enormen Anpassungsdrucks sind Start-ups eine große Chance für den Textilsektor und auch für etablierte Unternehmen. Obwohl Deutschland über eine breite Förderlandschaft für Gründer verfügt, weisen Start-ups im Textilsektor – wie auch in anderen Branchen – eine im internationalen Vergleich geringe Kapitalisierung auf. Um die Beteiligung von kleinen und mittleren Unternehmen an Start-ups zu erleichtern und damit strategische Partnerschaften zu unterstützen, sind neue Förderinstrumente nötig, die mittelständische Unternehmen vor Investitionsrisiken schützen.

Transfermaßnahmen bei Forschungsförderung stärken

Um zusätzliche Anreize zur Förderung des Technologietransfers zu setzen, ist eine stärkere Gewichtung von Transfermaßnahmen im Rahmen vorwettbewerblicher und wettbewerblicher Forschungsförderung erforderlich. Dies betrifft sowohl die Gewichtung im Rahmen der Antragsbegutachtung als auch das Controlling von Förderprojekten, etwa als Prüfung der Transferaktivitäten im Nachgang des eigentlichen Förderzeitraums. Es werden Innovationsplattformen benötigt, die einen schnellen Transfer und die Auffindbarkeit bereits entwickelter Technologien ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- Accenture (Hrsg.). (2018). On the Verge. B2B Digital Commerce is at an Inflexion Point. Zugriff am 05.12.2019.
- Aizpún, F. C., Krüger, F. & Puttaiah, M. H. (2019). Schwellenländer: Lichtblick in einer schwierigen Wirtschaftsphase (Swiss Re Institute, Hrsg.) (sigma 1/2019). Zugriff am 03.12.2019.
- Apt, W., Peters, R., Glock, G., Goluchowicz, K., Krabel, S., Strach, H. et al. (2019). QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Baugewerbe (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/6). Berlin. Zugriff am 30.10.2019.
- Bluhm, H. (2018, 6. Juni). Stellungnahme zum Thema Quantencomputer für die Anhörung im Ausschuss Digitale Agenda des Deutschen Bundestages am 06.06.2018 (Deutscher Bundestag, Hrsg.) (Stellungnahmen). Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen); Forschungszentrum Jülich (FZ Jülich). Zugriff am 24.07.2018. Verfügbar unter <https://www.bundestag.de/blob/558196/c18430f92a54f4c4743e18d84b64c00f/a-drs-19-23-14-data.pdf>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & Umweltbundesamt (Hrsg.). (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Zugriff am 09.07.2019. Verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_2018_bf.pdf
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). (2017). 5G-Strategie für Deutschland. Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und -Anwendungen. Zugriff am 04.12.2019.
- Burck, J., Hagen, U., Höhne, N., Nascimrnzo, L. & Bals, C. (2020). Climate Change Performance Index. Results 2020. Germanwatch. Zugriff am 21.01.2020.
- Burck, J., Hagen, U., Marten, F., Höhne, N. & Bals, C. (2019). Klimaschutz Index. Die wichtigsten Ergebnisse 2019 (Germanwatch, NewClimate Institute & Climate Action Network International, Hrsg.). Zugriff am 03.12.2019.
- Climate Central. (2019, 3. Dezember). Land projected to be below annual flood level in 2050, Climate Central. Verfügbar unter https://coastal.climatecentral.org/map/7/9.6353/53.6314/?theme=sea_level_rise&map_type=coastal_dem_comparison&elevation_model=coastal_dem&forecast_year=2050&pathway=rcp45&percentile=p50&return_level=return_level_1&slr_model=kopp_2014
- Dahlmann, D. (Gründerszene.de, Hrsg.). (2019). Deutsche Carsharing-Anbieter stehen vor einem Dilemma. Zugriff am 04.12.2019. Verfügbar unter <https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/deutsche-carsharing-anbieter-stehen-vor-einem-riesigen-dilemma?interstitial>
- Deloitte (Hrsg.). (2018). Smart Home Consumer Survey 2018. Ausgewählte Ergebnisse für den deutschen Markt. Zugriff am 05.12.2019.
- Ehlerding, S. (2019, 29. Oktober). Bremen und Hamburg dürften künftig jährlich überflutet werden (Anstieg des Meeresspiegels bedroht mehr Küsten). Zugriff am 03.12.2019. Verfügbar unter <https://www.tagesspiegel.de/wissen/anstieg-des-meeresspiegels-bedroht-mehr-kuesten-bremen-und-hamburg-duerften-kuenftig-jaehrlich-ueberflutet-werden/25167848.html>
- Ernst & Young. (2016). TechTex. Deutsche Textilien sind mehr als Kleidung von der Stange. Zugriff am 27.09.2019.
- Faz.net. (2020). Blackrock will mehr auf Nachhaltigkeit drängen. Brief an Unternehmen, Faz.net. Zugriff am 22.01.2020. Verfügbar unter <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/brief-an-unternehmen-blackrock-will-mehr-auf-nachhaltigkeit-draengen-16580517.html>
- Feist, M., Haucap, J. & Kehder, C. (2019). Emissionshandel - Eine effiziente Form der CO2-Bepreisung. Ein Gutachten im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM) (DICE Consult GmbH, Hrsg.). Zugriff am 03.12.2019.
- Follmer, R. & Gruschwitz, D. (2019). Mobilität in Deutschland. Verkehrsaufkommen - Struktur - Trends. Kurzreport (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Hrsg.). Zugriff am 03.12.2019.
- Forschungskuratorium Textil e. V. (2014). Perspektiven 2025. Handlungsfelder für die Textilforschung der Zukunft. Zugriff am 30.01.2020.
- Franklin Templeton Investments (Hrsg.). (2018). Gute Gründe für Anlagen in Schwellenländern. Zugriff am 03.12.2019.
- Geres, R., Kohn, A., Lenz, S., Ausfelder, F., Bazzanella, A. M. & Möller, A. (2019). Roadmap Chemie 2050. Auf dem Weg zu einer treibhausneutralen chemischen Industrie in Deutschland (FutureCamp Climate GmbH & DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Hrsg.). Zugriff am 16.12.2019.
- Gesamtverband Textil + Mode e. V. (Hrsg.). (2018a). Chemikalienpolitik in Europa. Argumente. Zugriff am 10.12.2019.
- Gesamtverband Textil + Mode e. V. (Hrsg.). (2018b). Die deutsche Textil- und Modeindustrie in Zahlen. 2018. Zugriff am 09.12.2019.
- Gesamtverband Textil + Mode e. V. (2019). Klimapakete der Bundesregierung gefährdet mittelständische Industrie. Verfügbar unter <https://textil-mode.de/de/newsroom/pressemitteilungen/klimapakete-der-bundesregierung-gefaehrdet-mittelstaendische-industrie/>
- Glock, G., Goluchowicz, K., Priesack, K., Apt, W., Strach, H. & Bovenschulte, M. (2019). Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit

keit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation (QuaTOQ). Branchenbericht: Einzelhandel und Handelslogistik (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/3). Berlin. Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb522-3-quatoq.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Huber, T., Steinle, A., Steinle, F. & Armellini, D. (2013). Die Zukunft des Konsums. Wie Meta-Services die Wirtschaft umkrepeln (Zukunftsinstitut GmbH, Hrsg.). Frankfurt a. M.

Humburg, A. (2012). Post-Growth on the Move. The Environmental Movement as Agent of Change for the Transition to a Post-Growth Economy — Evidence from Germany (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Hrsg.). Zugriff am 16.12.2019.

Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg.). (2019). Nachhaltiges Produktivitätsmanagement. Mehr Klimaschutz und Wohlstand. Zugriff am 16.12.2019.

U.S. Department of Commerce. (2016). 2016 Top Market Reports Report - Technical Textiles. A Market Assessment Tool for U.S. Exports (International Trade Administration, Hrsg.). Zugriff am 03.09.2019.

Kind, S., Hartmann, E. A. & Bovenschulte, M. (2011). Die Visual-Roadmapping-Methode für die Trendanalyse, das Roadmapping und die Visualisierung von Expertenwissen. Ein Instrument des iit – Institut für Innovation und Technik für den Einsatz in Politik und Wirtschaft zum Management von Innovation und Technologie (Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit), Hrsg.) (iit perspektive 4). Verfügbar unter <https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/iit-perspektive-4>

KPMG (Hrsg.). (2016). Trends im Handel 2025. Erfolgreich in Zeiten von Omni-Business. Zugriff am 03.12.2019.

Löhner, M., Lemm, J., Kerpen, D., Saggiomo, M. & Gloy, Y.-S. (2018). Soziotechnische Assistenzsysteme für die Produktionsarbeit in der Textilbranche. Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeit in einer Weberei. In S. Wischmann & E. A. Hartmann (Hrsg.), Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung (S. 73–85). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Marschall, P., Peters, R., Jordan, J., Fromhold-Eisebith, M., Thomes, P. & Kemper, M. (2020). WiSoTex 4.0 – Wirtschaftsräumliche Implikationen von Industrie 4.0 in relationaler Perspektive. Innovation, Evolution, Organisation und Interaktion, untersucht am Beispiel der deutschen Textilindustrie. in Veröffentlichung (WST Working Paper Series 4). RWTH Aachen. Zugriff am 30.01.2020.

Massa, A. (2020). BlackRock Puts Climate at Center of \$7 Trillion Strategy, Bloomberg. Zugriff am 22.01.2020. Verfügbar unter <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-01-14/blackrock-puts-environmental-sustainability-center-of-strategy>

Massis, A. de, Audretsch, D., Uhlaner, L. & Kammerlander, N. (2018). Innovation with Limited Resources: Management Lessons from the German Mittelstand. *Journal of Product Innovation Management*, 35(1), 125–146. <https://doi.org/10.1111/jpim.12373>

Müller, M. (2018, 8. Oktober). China hat dem Wohlstand Umwelt und Klima geopfert. Das soll sich nun ändern – auch wegen den Chinesen selbst. *Neue Zürcher Zeitung*. Zugriff am 03.12.2019. Verfügbar unter <https://www.nzz.ch/meinung/die-chinesen-sehnen-sich-nach-guter-luft-sauberem-wasser-und-gesunden-nahrungsmitteln-ld.1426711>

Opaschowski, H. (2013). Deutschland 2030. Wie wir in Zukunft leben. Gütersloh: Gütersloher Verlags-haus. Zugriff am 27.01.2020. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=UQF6DAA AQBAJ&oi=fnd&pg=PA16&dq=sinnm%C3%A4rkte&ots=D3tojKgn9R&sig=feaFTqohvHVBF4AYPO2rM pOUSmg#v=snippet&q=zukunftsm%C3%A4rkte%20als&f=false>

Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (2015). Das Jahrhundert der Metropolen. Eine Analyse der Ursachen und Konsequenzen von Urbanisierung. Zusammenfassung. Zugriff am 03.12.2019. <https://doi.org/10.1787/9789264228733-en>

Peter, M., Guyer, M. & Füssler, J. (2019). Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Climate Change 20/2019). Zugriff am 03.12.2019.

Petschow, U., Lange, S., Hofmann, D., Pissarskoi, E., dem Moore, N. aus, Korfhage, T. et al. (2018). Social well-being within planetary boundaries: The precautionary post-growth approach (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Texte 89/2018). Zugriff am 16.12.2019.

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.). (2018). Innovationsreport 2018. Technische Textilien. Zugriff am 09.12.2019.

Sadeler, C. (2017). China: Klima- und Energiepolitik. Im Spannungsfeld zwischen internationalen Zusagen und nationaler Entwicklungsstrategie (Heinrich-Böll-Stiftung, Hrsg.) (E-Paper). Zugriff am 03.12.2019.

Shell Deutschland Holding GmbH (Hrsg.). (2019). 18. Shell Jugendstudie 2019. Zusammenfassung. Zugriff am 02.12.2019. Verfügbar unter https://www.shell.de/ueber-uns/shell-jugendstudie/_jcr_content/par/toptasks.stream/1570708341213/4a002dff58a7a9540cb9e83ee0a37a0ed8a0fd55/shell-youth-study-summary-2019-de.pdf

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2019). Weltweite Temperaturen und Extremwetterereignisse seit 2010. Zugriff am 03.12.2019. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/weltweite-temperaturen-extremwetterereignisse-seit#Chronik>

Union Investment (Hrsg.). (2019). Ergebnisbericht zur Nachhaltigkeitsstudie 2019. Nachhaltiges Vermögensmanagement institutioneller Anleger in Deutschland. Zugriff am 02.12.2019.

Anhang

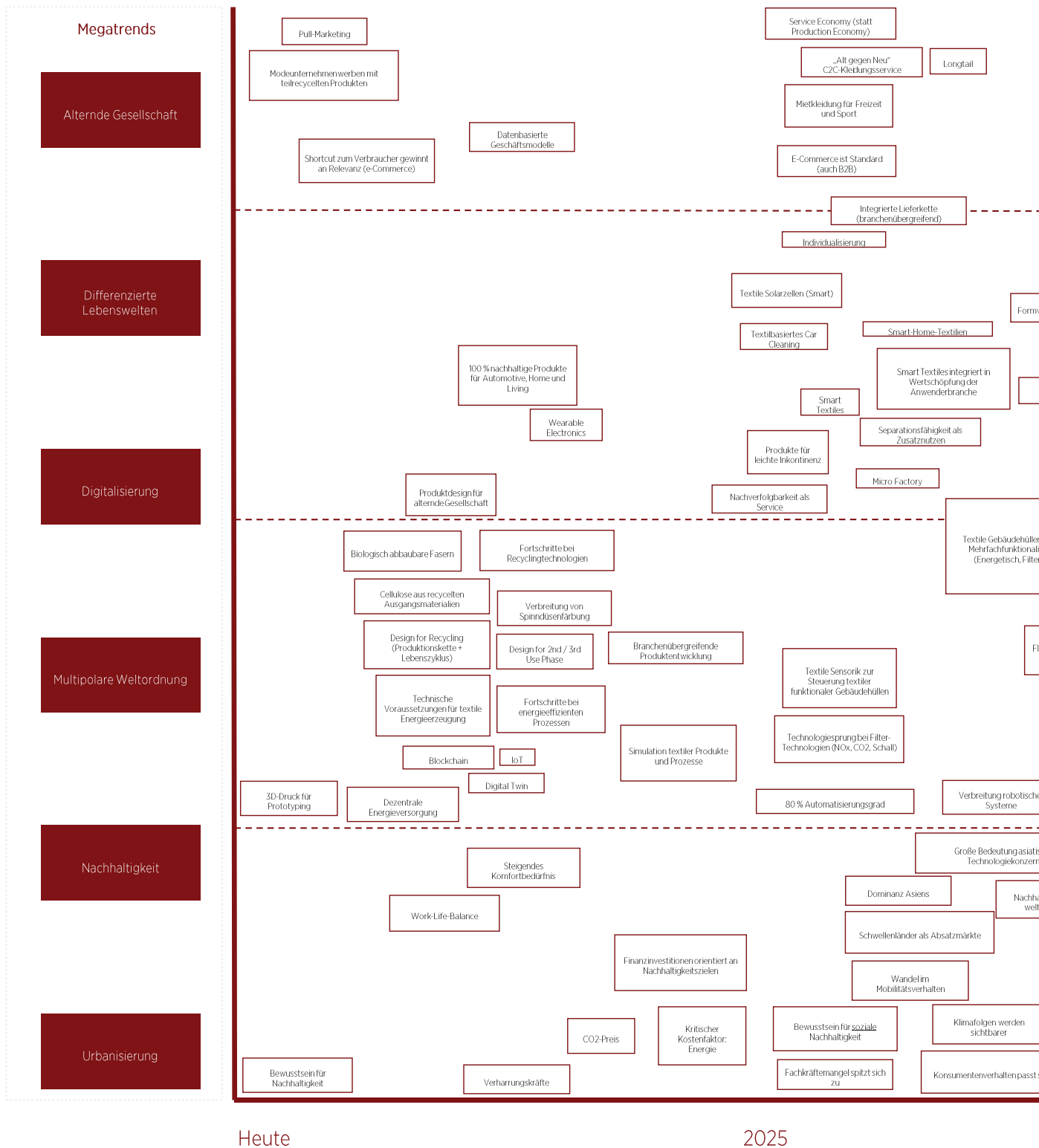
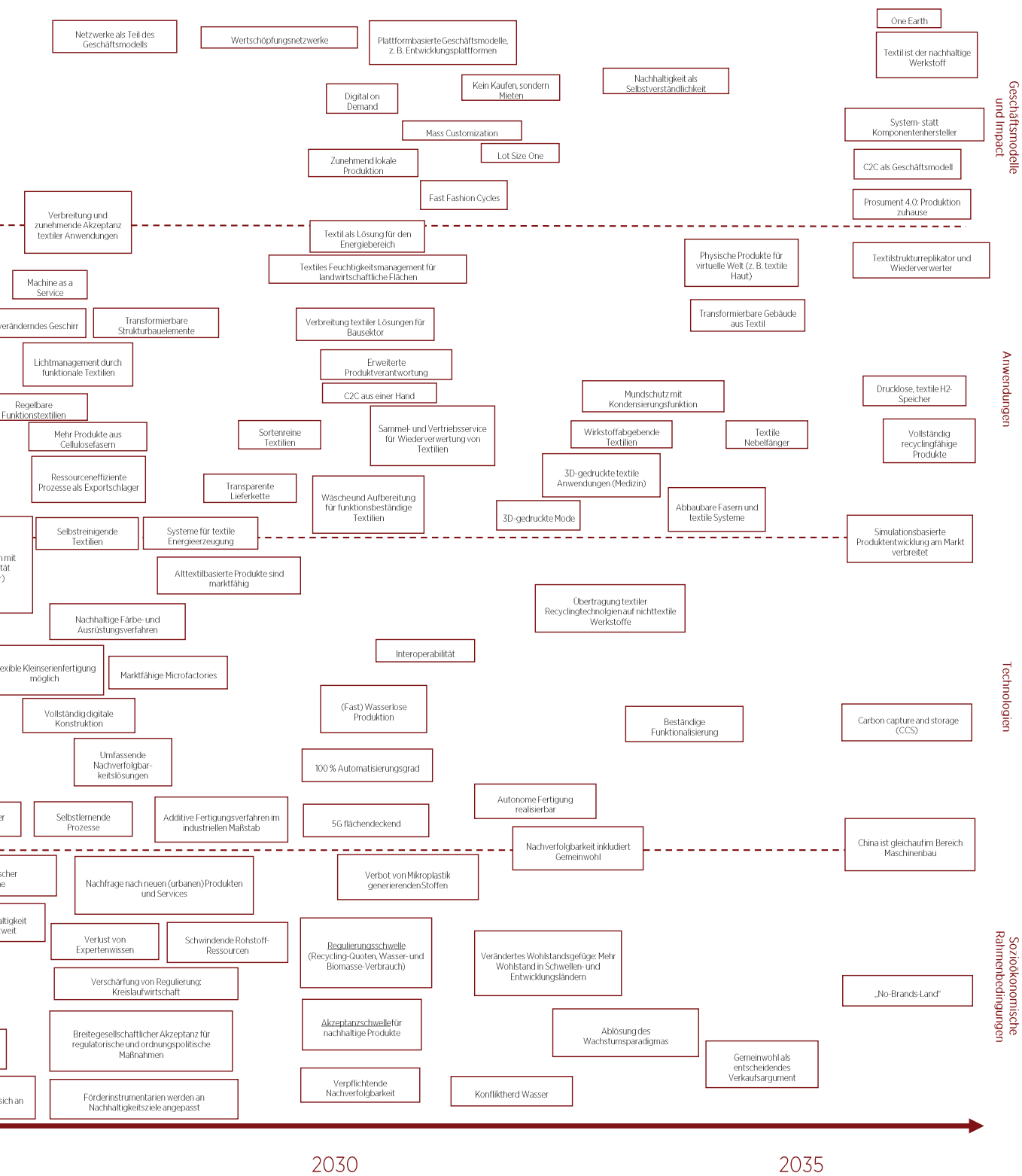


Abbildung 36: Aggregierte Roadmap – Perspektiven 2035





textilforschung.de