

Studie „Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen“

Auftraggeber: Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)
Mainzerhofstraße 12
99084 Erfurt

Auftragnehmer: VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf

Autoren: Dr. Ralf Fellenberg (federführend)
Dr. Michael Gleiche, Dr. Raimund Glitz, Dr. Wolfgang Luther,
Dr. Karsten Reuß

Bearbeitungszeitraum: Oktober 2016 – April 2017

Entsprechend der Vertragsbedingungen zur Erarbeitung der Studie haben die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen) als Auftraggeber und das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (TMWWDG) das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich uneingeschränkte Nutzungsrecht an den Ergebnissen.



Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH
Akquisition, Thüringen International
und Clustermanagement
Mainzerhofstraße 12, 99084 Erfurt
Telefon 0361 5603-450
Fax 0361 5603-328

Ihre Ansprechpartner im
Thüringer ClusterManagement (ThCM)
Kay Sawatzky
Telefon: 0361 5603-441
E-Mail: kay.sawatzky@leg-thueringen.de



Inhaltsübersicht

0.	Zusammenfassung	8
1.	Einleitung und Ausgangssituation	10
2.	Vorgehen und Methodik	13
3.	Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien für den Standort Thüringen	16
3.1	Unternehmenslandschaft	16
3.2	Forschungslandschaft	21
3.3	Technologische Stärken und Alleinstellungsmerkmale	24
3.4	Wirtschaftliche Bedeutung	26
3.4.1	Relevanz der Oberflächentechnologien für Wirtschaftsbranchen in Thüringen.....	26
3.4.2.	Regionale Verteilung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen	34
3.4.3	Wirtschaftliche Hebelwirkung	38
3.5	Kooperationsbeziehungen und Wettbewerbssituation.....	43
4.	Status quo und Entwicklungsperspektiven der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen	45
4.1	Verfahren, Trends und Treiber der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen	45
4.1.1	Bedeutung verschiedener Verfahren der Grenz- und Oberflächentechnologien	46
4.1.2	Technologische Trends der Oberflächenbeschichtung	49
4.1.3	Bezug zur Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ und zu internationalen Marktstudien ..	55
4.1.4	Materialbezogene und gesellschaftliche Trends als Treiber für Grenz- und Oberflächentechnologien	56
4.2	Bezüge zur Regionalen Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS 3 Thüringen)	62
5.	Schlußfolgerungen und Handlungsempfehlungen	69
5.1	SWOT Analyse.....	69
5.2	Handlungsempfehlungen.....	71
5.2.1	Thüringischer Kompetenzatlas der Grenz- und Oberflächentechnologien.....	73
5.2.2	Kompetenzbündelung und Vernetzung durch ein virtuelles Thüringer Oberflächen- zentrum (ThOZ) ...	74
5.2.3	Ergänzung durch direkte Projektförderung	75
6.	Anlagen	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen Beschäftigte und Umsatz nach Unternehmensgrößenklassen (2015)	21
Abbildung 2: Übersicht zu Alleinstellungsmerkmalen/Stärken thüringischer Akteure im Bereich Grenz- und Oberflächenfunktionalisierungen entlang der industriellen Wertschöpfungskette	26
Abbildung 3: Prozentuale Anzahl an Beschäftigung in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015).....	28
Abbildung 4: Prozentualer Umsatz in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015)..	28
Abbildung 5: Umsatz pro Beschäftigten in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015)	29
Abbildung 6: Relevanz von Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Wirtschaftsbranchen gemäß der Einschätzung durch thüringische Experten.	31
Abbildung 7: Unterschiede der jeweiligen Bedeutung von Grenz- und Oberflächentechnologien für Thüringen im Vergleich zum aktuellen Branchendurchschnitt.....	32
Abbildung 8: Bedeutung von Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Branchen in Thüringen im Vergleich zum aktuellen Branchendurchschnitt und zur zukünftigen Entwicklung gemäß der Einschätzung durch thüringische Experten.....	33
Abbildung 9: Regionale Verteilung der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen Thüringens nach NUTS3-Regionen: Anzahl der im Technologiefeld direkt Beschäftigten (2015).....	35
Abbildung 10: Regionale Verteilung der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen Thüringens nach NUTS3-Regionen und Branchen: Anzahl der im Technologiefeld direkt Beschäftigten (2015)	37
Abbildung 11: Darstellung der Einschätzung der Relevanz der Oberflächentechnologien für die aktuelle und künftige Branchenentwicklung sowie der jeweiligen Beschäftigten- und Umsatzzahlen und Exportquote der Branche in einem Netzdiagramm.	40
Abbildung 12: Darstellung der Einschätzung der Relevanz der Oberflächentechnologien für die aktuelle und künftige Branchenentwicklung auf Basis von Experteneinschätzungen	41
Abbildung 13: Einschätzung der Relevanz verschiedener Beschichtungsverfahren durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell und zukünftig.....	47
Abbildung 14: Vergleich der zukünftigen Relevanz verschiedener Beschichtungsverfahren aus Sicht der Unternehmen und Forschungseinrichtungen	48
Abbildung 15: Einschätzung der Relevanz verschiedener Oberflächentrends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt.	49
Abbildung 16: Von thüringischen Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik als sehr relevant eingeschätzte Oberflächentrends aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt.	50
Abbildung 17: Relevanz von Oberflächentrends für den zukünftigen Gesamtmarkt und Differenz zur Relevanz für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik	51
Abbildung 18: Relevanz von Oberflächentrends für den zukünftigen Gesamtmarkt und für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik.....	52

Abbildung 19: Einschätzung der Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt 57

Abbildung 20: Einschätzung der Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt 58

Abbildung 21: Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends für den zukünftigen Gesamtmarkt und Differenz zur Relevanz für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik 59

Abbildung 22: Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends für den zukünftigen Gesamtmarkt und für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik 60

Abbildung 23: Regionale Innovationsstrategie Thüringen (RIS 3) 63

Abbildung 24: Leitziele des Spezialisierungsfeldes „Industrielle Produktion und Systeme“ mit den Themenansätzen, die von FuE-Konsortien adressiert werden sollen 65

Abbildung 25: Einordnung der wichtigsten Geschäftsfelder der befragten Akteure in die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der RIS 3 67

Abbildung 26: Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der RIS 3 aus Sicht der befragten Akteure. aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt 68

Abbildung 27: Vorschlag für ein Digitales Demonstrations- und Koordinierungszentrum für die Thüringer Wirtschaft und Wissenschaft 73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungen und Produktbeispiele von Oberflächenfunktionalisierungen.....	11
Tabelle 2: Übersicht zu der interviewten Akteure im Bereich Grenz- und Oberflächentechnologien	13
Tabelle 3: Kennzahlen der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen.....	17
Tabelle 4: Für die Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens relevante Unternehmen mit geschätzter grenz- und oberflächentechnikrelevanter Beschäftigung und Umsatz (2015).....	20
Tabelle 5: Wirtschaftliche Kennzahlen von Grenz- und Oberflächentechnologien in ausgewählten Branchen in Thüringen (2015)	29
Tabelle 6: Regionale Schwerpunkte und bedeutsame Unternehmen von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen für einzelne Branchen	36
Tabelle 7: Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Wirtschaftsbranchen sowie relevante Wirtschaftsdaten (Beschäftigten- und Umsatzzahlen, Exportquote) der jeweiligen Branche in Thüringen	39
Tabelle 8: Übersicht zu Weltmarktprognosen für Beschichtungslösungen in verschiedenen Marktsegmenten.....	56

Abkürzungsverzeichnis

3D	Drei Dimensionen
3D-MID	Spritzgegossene Schaltungsträger (englisch: M olded I nterconnect D evice)
ALD	Atomic Layer Deposition
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BU Weimar/MEPA	Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar
CCVD	Flammenbeschichtung (englisch: combustion chemical vapor deposition)
CR39	Polyallyldiglycolcarbonat
CVD	Chemische Gasphasenabscheidung (englisch: chemical vapour deposition)
DKZ	Demonstration- und Koordinierungszentrum für Sensortechnik
DUV	Tiefes Ultraviolett (englisch: d eep u ltra v iolet)
DV	Datenverarbeitung
EAH Jena	Ernst-Abbe-Hochschule Jena
EFDS	Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.
ERA-NET	European Research Area Network
EU	Europäische Union
EUV	Extrem ultraviolette Strahlung (englisch: e xtrême u ltra v iolet)
F.O.M.	Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V.
FhG-IKTS	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme
FhG-IOF	Fraunhofer-Institut für angewandte Optik und Feinmechanik
FSU Jena	Friedrich-Schiller-Universität Jena
FTI-Richtlinie	Förderung von Forschung, Technologie und Innovation
FuE	Forschung und Entwicklung
GFE	Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.
HIPS	High-Performance Sensorsysteme
HS Schmalkalden	Hochschule Schmalkalden
Iba Heiligenstadt	Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik, Heiligenstadt
Ifw	Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LEG Thüringen	Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen

NUTS-3-Regionen	Regionen der Ebene 3 der amtlich-statistischen NUTS-Systematik der EU (französisch: N omenclature des u nités t erritoriales s tatistiques)
OEM-Anbieter	Erstausrüster (englisch: Original Equipment Manufacturer)
PMMA	Polymethylmethacrylat
PVD	Physikalische Gasphasenabscheidung (englisch: p hysical v apour d eposition)
REACH	Europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (englisch: R egistration, E valuation, A uthorisation and R estriction of C hemicals)
RIBE	Reaktive Ion Beam Etching
RIS 3	Regionale Innovationsstrategie
RoHS	EU Richtlinie (englisch: R estriction of H azardous S ubstances)
SciTec	Sciences Technology
SiO _x	Siliziumdioxid
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
ThGOT	Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
ThOZ	Thüringer Oberflächenzentrum
ThZP	Thüringer Zentrum für Produktion und kooperative vernetzte Fertigungsketten
TITK	Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoffforschung e.V.
TITV Greiz	Textilforschungsinstitut Thüringen Vogtland e.V.
TU Ilmenau	Technische Universität
UV	Ultraviolett, umgangssprachlich ultraviolettes Licht
VDI TZ	VDI Technologiezentrum GmbH
WZ	Wirtschaftszweigklassen
XUV	Extrem ultraviolette Strahlung (englisch: e xtrême u ltra v iolet)

0. Zusammenfassung

Grenz- und Oberflächentechnologien sind als Querschnitts- und Schlüsseltechnologien für alle Branchen sowie sogar branchenübergreifend von immenser Bedeutung. Damit liefern diese Technologien wichtige Beiträge zur Optimierung und zum Werterhalt von industriellen Produkten und Investitionsgütern. Die wirtschaftliche Bedeutung zeigt sich beispielsweise darin, dass allein der weltweite Markt für Schutzbeschichtungen für das Jahr 2016 auf rund 18 Mrd. \$ geschätzt wird bei einem jährlichen Wachstums von 4 Prozent.

Das Anwendungsspektrum von Grenz- und Oberflächentechnologien reicht vom Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau über die Optik, Mikroelektronik, Medizintechnik, Automobilindustrie und Kunststoffverarbeitung bis hin zur Gebäudetechnik und Architektur. Meistens führen neue Oberflächeneigenschaften durch definierte und individualisierbare Beschichtungslösungen zu einer besseren Qualität von Produkten oder versetzen Bauteile und Produkte erst in Lage, eingesetzt oder genutzt zu werden. Speziell für KMU bieten sich durch innovative Oberflächentechnologien Chancen, um Wertschöpfungsprozesse zu optimieren und neue Märkte zu erschließen. Die gezielte Werkstoffauswahl und eine darauf abgestimmte Funktionalisierung von Produktoberflächen durch ein einschlägiges Beschichtungs-Know-how spielen hier eine entscheidende Rolle. Neben klassischen Oberflächentechnologien wie Galvanik, physikalische und chemische Gasphasenabscheidung sowie Tauch-, Spray- und Spritzprozessen spielen innovative Verfahrensentwicklungen wie Selbstorganisations- und Selbstheilungsprozesse, Ultrakurzpulslaser oder die gedruckte Elektronik sowie Weiterentwicklungen der Modellierungs- und Simulationstechniken eine zunehmende Rolle.

Die vorliegende Studie baut auf den Ergebnissen der Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ aus dem Jahr 2007 auf und liefert eine fundierte Informationsbasis für den strategischen Ausbau der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen.

Im Rahmen der Studie wurden 27 telefonische Experteninterviews geführt und ein Workshop mit wichtigen Akteuren aus Unternehmen, Hochschulen und intermediären Einrichtungen des Technologiefeldes in Thüringen durchgeführt. Darüber hinaus wurde eine Unternehmensdatenbank mit 167 Unternehmen aus Thüringen entwickelt und statistisch ausgewertet.

Insgesamt können den Grenz und Oberflächentechnologien über 3.700 direkt Beschäftigte und rund 6.000 indirekt Beschäftigte zugeordnet werden. Die Wertschöpfung liegt bei über 300 Millionen Euro. Dabei sind mehr als 53 Prozent der im Technologiefeld Beschäftigten in Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten tätig, die knapp 47 Prozent des gesamten Umsatzes erwirtschaften.

Im Bundesländervergleich nimmt Thüringen dabei im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien allgemein eine Position im vorderen Mittelfeld ein. Im Bereich der optischen Technologien bzw. Photonik hat das Bundesland eine führende FuE-Position.

Mit Blick auf die Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS 3) hat das Spezialisierungsfeld "Industrielle Produktion und Systeme" die höchste aktuelle und zukünftige Bedeutung. Zudem sind die Unternehmen bei der Einschätzung der künftigen Marktrelevanz für Grenz- und Oberflächentechnologien deutlich optimistischer. Besonders deutlich fällt dieser Unterschied für das Spezialisierungsfeld „Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung“ aus.

Auf Basis dieser Studienergebnisse und der SWOT-Analyse lassen sich Handlungsempfehlungen zur weiteren Stärkung der wichtigen Grenz- und Oberflächentechnologien für den Wirtschaftsstandort

Thüringen im Sinne der RIS 3 ableiten. Die Analyse der Innovationspotenziale der Grenz- und Oberflächentechnologien am Standort Thüringen hat aufgezeigt, dass Thüringen sowohl bei den Unternehmen wie in der Wissenschaft ein breites Kompetenzspektrum und in vielen technologischen Bereichen wie beispielsweise optischen Beschichtungen, Keramikbeschichtungen, Gasphasenbeschichtungsverfahren unter Atmosphärendruck sowie alternativer elektrochemischer Beschichtungen ausgewiesene Stärken bis hin zu Alleinstellungsmerkmalen auf nationaler und europäischer Ebene aufweist. Um diese Stärken auch auf andere Branchen zu erweitern, bieten sich mehrere Maßnahmen an. Diese berücksichtigen sowohl fachliche Aspekte und Schwerpunkte als auch strukturelle Möglichkeiten. Für einen gezielten Technologietransfers ist es erforderlich, dass die Kommunikation und Vernetzung fachlich fundiert geführt wird, um Vertrauen zu schaffen. Hierbei sollte die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt werden.

Um die beschriebenen Maßnahmen zur Stärkung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen koordiniert und zielgerichtet umsetzen zu können, empfiehlt sich die Umsetzung von infrastrukturellen Maßnahmen gemeinsam mit fachlichen Forschungsprojekten.

Als infrastrukturelle Maßnahmen werden empfohlen:

- Verbesserung der Transparenz durch einen thüringischen Kompetenzatlas der Grenz- und Oberflächentechnologien
- Kompetenzbündelung und Vernetzung durch ein virtuelles Thüringer Oberflächenzentrum (ThOZ)

Für eine ergänzende direkte Projektförderung bieten sich europäische, nationale und regionale Förderprogramme an, die durch Akteure im Bereich Forschung und Entwicklung aus Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen für ihre FuE-Projekte genutzt werden können. Hierzu zählen auch die Möglichkeiten der Thüringer Aufbaubank zur Förderung regionaler Vorhaben. Unterstützen könnten ebenfalls fachspezifische Fördermöglichkeiten. Zusätzlich empfiehlt sich die Initiierung von Forschergruppen als sogenannte Keimzelle für neuartige Grenz- und Oberflächentechnologien.

Insgesamt gesehen besitzt Thüringen eine hervorragende Ausgangssituation, die für eine Stärkung der Grenz- und Oberflächentechnik weiter ausgebaut werden sollte und sich damit auch für mögliche Ansiedlungsprojekte auszahlen könnte.

1. Einleitung und Ausgangssituation

Grenz- und Oberflächentechnologien liefern als Querschnitts- und Schlüsseltechnologien essenzielle Beiträge zur Optimierung und zum Werterhalt von industriellen Produkten und Investitionsgütern und setzen branchenübergreifende Innovationsimpulse. Oberflächentechnologien haben eine immense wirtschaftliche Bedeutung und erzielen hohe Gewinnmargen in der Produktveredelung. Allein der weltweite Markt für Schutzbeschichtungen wird für das Jahr 2016 auf rund 18 Mrd. \$ geschätzt bei 4 Prozent jährlichen Wachstumsraten¹. Technologische und gesellschaftliche Trends wie die Notwendigkeit der Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz, die Energiewende sowie der Bedarf einer kosteneffizienten und individualisierten medizinischen Versorgung für eine alternde Bevölkerung werden die Wachstumsimpulse im Segment der Oberflächentechnologien weiter verstärken.

Das Anwendungsspektrum von Grenz- und Oberflächentechnologien ist sehr breit und reicht vom Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau über die Optik, Mikroelektronik, Medizintechnik, Automobilindustrie und Kunststoffverarbeitung bis hin zur Gebäudetechnik und Architektur. Höhere Kundenanforderungen in Bezug auf die Qualität und Funktionalität von Produkten machen Oberflächentechnologien unverzichtbar und führen zu einer wachsenden Nachfrage nach definierten und individualisierbaren Beschichtungslösungen. Speziell für KMU bieten sich durch innovative Oberflächentechnologien Chancen, um Wertschöpfungsprozesse zu optimieren und neue Märkte zu erschließen. Die gezielte Werkstoffauswahl und eine darauf abgestimmte Funktionalisierung von Produktoberflächen durch ein einschlägiges Beschichtungs-Know-how spielen hier eine entscheidende Rolle. Neben klassischen Oberflächentechnologien wie Galvanik, physikalische und chemische Gasphasenabscheidung sowie Tauch-, Spray- und Spritzprozessen spielen innovative Verfahrensentwicklungen wie Selbstorganisations- und Selbstheilungsprozesse, Ultrakurzpulslaser oder die gedruckte Elektronik sowie Weiterentwicklungen der Modellierungs- und Simulationstechniken eine zunehmende Rolle.

Ziel der Vielzahl an Oberflächenbehandlungsverfahren ist es, definiert einstellbare und multifunktionelle Produkteigenschaften zu erzielen, wie beispielsweise:

- Mechanischer Schutz vor Verschleiß, erhöhte Kratzfestigkeit oder besserer Schutz vor Reibungsschäden.
- Barrierefunktionen wie Schmutzabweisung, Korrosionsbeständigkeit, Durchlässigkeit für bestimmte Strahlung oder chemische Stoffe, Brandschutz oder Wärmeisolation.
- Optimierung von Grenzflächenwechselwirkung, wie etwa Haftung beziehungsweise Antihaftung, Benetzbarkeit, Lackierbarkeit, antimikrobielle Eigenschaften oder Biokompatibilität.
- Einstellen optischer und haptischer Funktionen, zum Beispiel Reflexions- und Absorptionsverhalten, Transparenz oder auch rein dekorative Effekte.
- Metallisierung von Durchkontaktierungen bei Wafern oder elektrisch ableitende, antistatische und isolierende Beschichtungen, zum Beispiel zur elektromagnetischen Abschirmung

¹ <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/protective-coatings.asp>

Industrielle Anwendungsgebiete	Anwendungs- und Produktbeispiele	Oberflächenfunktionalisierung
Maschinen und Geräte	Bauteile (Lager, Getriebekomponenten, Hydraulik), Werkzeuge	Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Betriebsfestigkeit
Fahrzeuge	Karosserie, Motor, Getriebe, hochbelastete Bauteile, Werkzeuge, Reflektoren, Scheiben	Korrosionsschutz, Kratzfestigkeit, Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Betriebsfestigkeit, Reflexion, Transparenz, easy-to-clean
Kunststoffe, Textilien	Consumer-Elektronik, Computergehäuse, Möbel, Haushaltsartikel, Folien	Kratzfestigkeit, Verschleißschutz, easy-to-clean, antibakteriell, Abschirmung, Dekoration
Stahlindustrie	Bleche, Feinbleche	Korrosionsschutz, Dekoration
Medizintechnik	Gelenk- und Gefäßprothetik, Chirurgische Instrumente, Mikrotiterplatten	Biokompatibilität, Verschleißschutz, Sterilisierbarkeit, Funktionalisierung
Optik	Filter, Linsen, Brillengläser Kaltlichtspiegel, Laserspiegel	Transmission, Reflexion, Verschleißschutz
Elektrotechnik	Elektromagnetische Abschirmungen, Schalter, elektrische Kontakte, Leiterplatten, dreidimensionale spritzgegossene Schaltungsträger (3D-MID)	Leitfähigkeit, Verschleißschutz, Reibungsminderung, Lötbarkeit
Verpackungsindustrie	Folien, Papier, Pappe	Permeation, Dekoration, Bedruckbarkeit
Konsumgüterindustrie	Armaturen, Schreibgeräte, Uhren, Bestecke, Haushaltsgeräte, Kühlschränke, etc.	Dekoration, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Antifingerprint
Gebäude und Bauwerke	Architekturglas, Fassadenverkleidungen, Baubeschläge, Fensterrahmen	Transmission, Reflexion, Selbstreinigend, Graffitienschutz, Korrosionsschutz, Antifouling, Brandschutz
Sensorik, Mikrosystemtechnik	Aufbau- und Verbindungstechnik, Faser-Bragg-Gitter, Sensorimplantate	Nanofunktionalisierte Schichtsysteme
Energietechnik	Solarzellen, Dünnschichtzellen	Funktionelle Schichten, Reflexion (Anti-reflexschichten)

Tabelle 1: Anwendungen und Produktbeispiele von Oberflächenfunktionalisierungen

Quelle: VDI TZ

Gerade in den für **Thüringen wichtigen Branchen** wie dem **Maschinen- und Werkzeugbau, der Optik, der Elektronik sowie der Medizintechnik** bieten sich vielfältige Innovationspotenziale durch Oberflächenfunktionalisierungen, wie zum Beispiel:

- Nanostrukturierte Hartstoff-Beschichtungen aus Keramiken, Hartmetallen und Kohlenstoff sorgen für verschleißfestere Zerspanungs- und Umformwerkzeuge.
- Antiadhesive Oberflächen zur Reinhaltung von Oberflächen in der Produktionstechnik, wodurch kostenintensive Reinigungsschritte reduziert und erhebliche Kostenvorteile und Umweltentlastungseffekte realisiert werden können.
- Beschichtungslösungen in der Medizintechnik zur Verbesserung der Biokompatibilität von Implantaten, der antibakteriellen Ausrüstung von Operationsbesteck und Kathetern oder zur Erhöhung der Abriebfestigkeit und mechanischen Belastbarkeit von medizinischen Produkten.
- Optische Beschichtungen zur gezielten Strahlungsleitung, dem Filtern bestimmter Wellenlängen, der Spiegelung und Ablenkung von Licht oder der Minderung von Reflexionsverlusten. Ebenso können Strahlquellen, Optiken und Materialien durch gezielte Funktionalisierung leistungsfähiger und robuster gemacht werden.

Die vorliegende Studie soll aufbauend auf den Ergebnissen der Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ aus dem Jahr 2007 eine fundierte Informationsbasis für den strategischen Ausbau der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen liefern. Hierbei soll geprüft werden, welche Maßnahmen sich anbieten, um Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet in Thüringen zu stärken. Betrachtet werden sollen sowohl fachliche Aspekte und Schwerpunkte aber auch strukturelle Möglichkeiten. Die bisherigen Überlegungen zur Realisierung eines Thüringer Oberflächenzentrums (ThOZ) als ein wesentliches Element auf diesem Gebiet der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen sollen geprüft werden.

2. Vorgehen und Methodik

Zu Beginn der Studie wurde ein Kick-Off-Workshop mit dem Auftraggeber veranstaltet, um den Auftragsgegenstand zu reflektieren und zu diskutieren.

Anschließend wurden im Rahmen einer Dokumentenanalyse relevante Publikationen sowohl unter technischen als auch unter sozioökonomischen Aspekten ausgewertet.

Hierauf aufbauend wurden Interviewleitfäden für eine 30 bis 60 minütige Befragung mit relevanten Akteuren der Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologien aus Wirtschaft und Forschung entwickelt und mit dem Auftraggeber abgestimmt (Interviewleitfäden, siehe Anlage 6.1 und 6.2). Im Rahmen der Studie konnten Interviews mit elf Unternehmensvertretern und 14 Vertretern aus Forschungseinrichtungen in unterschiedlichen Branchen der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen geführt werden. Zusätzlich wurden zwei überregionale Forschungsorganisationen interviewt.

Unternehmen	Einrichtungen
Analytik Jena	BU Weimar/MFPA
Bonda Balkonbau GmbH	EAH Jena (2x)
Jenoptik AG (2x)	Fraunhofer IOF (2x)
Lasos GmbH	Fraunhofer IKTS
Mathys Orthopädie GmbH	GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.
Optics Balzers Jena GmbH	HS Schmalkalden
Schott Technical Glass Solutions GmbH	Iba Heiligenstadt
SIEGERT Thinfilm Technology GmbH	Innovent e.V.
Sura instruments GmbH	Optonet e.V.
Tetra Sensorik, Robotik und Automation	Medways e.V.
	TU Ilmenau
	TITV Greiz
	<u>überregional:</u>
	F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V.
	Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)

Tabelle 2: Übersicht zu der interviewten Akteure im Bereich Grenz- und Oberflächentechnologien

Quelle: VDI TZ

Die Interviews beinhalteten folgende Fragenkomplexe:

- Allgemeine Fragen zum Unternehmen/Einrichtung (Geschäftsfelder, Forschungsschwerpunkte, Standorte, Wirtschaftliche Kennzahlen)
- Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien (heutige und zukünftige Relevanz für einzelne Branchen und den Umsatz des Unternehmens, Verfahren, Wertschöpfungsketten, technologische Trends, Materialtrends, anwendungsbezogene Trends, FuE-Aktivitäten, Wettbewerber, Kooperationen, Benchmarks)
- Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen (Dienstleistungen eines möglichen „virtuellen Thüringer Oberflächenzentrums (ThOZ)", Relevanz für der Regionale Innovationsstrategie (RIS 3 Thüringen), Spezialisierungsvorteile / Alleinstellungsmerkmale, Herausforderungen)

Im Anschluss an die Befragung erfolgte im Rahmen eines Workshops eine Präsentation der Zwischenergebnisse vor der Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen (LEG) und etwa 30 ausgewählten Vertretern der Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologien. Hierbei wurden die bisherigen Ergebnisse aus den Interviews und der Dokumentenanalyse reflektiert und präzisiert. Anhand vorbereiteter Leitfragen wurden die Ergebnisse an drei Tischen im Format „World Cafe“ und mit Hilfe einer Posterbewertung reflektiert. Der Workshop diente auch der Vorbereitung der SWOT-Analyse.

Parallel zur Expertenbefragung erfolgte der Aufbau einer Unternehmensdatenbank zu den Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen. Die Datenbank enthält 183 Standorte von 167 Unternehmen in Thüringen, die im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien aktiv sind. Grundlage bildeten Unternehmenslisten der LEG sowie Unternehmensdatenbanken (Hoppenstedt) anhand derer alle Unternehmen in den relevanten Branchen gesichtet und geprüft wurden. Diese Daten wurden durch Recherchen von Unternehmenspublikationen und im Bundesanzeiger angereichert. So konnte ein Großteil der für die Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologien relevanten Unternehmen erfasst werden. Die Datenbank umfasst Beschäftigtenzahlen weltweit, Beschäftigtenzahlen an allen Thüringer Standorten, Umsatz, Wirtschaftszweige, Geschäftsfelder, Eigentümerstrukturen sowie eine Bewertung der Relevanz von Grenz und Oberflächentechnologien für den Umsatz. Diese Bewertung der Relevanz von Grenz und Oberflächentechnologien für den Umsatz erfolgte dabei auf zwei Wegen: Erstens wurden zehn besonders relevante Unternehmen direkt im Rahmen der Akteursbefragung zur Umsatzrelevanz von Grenz- und Oberflächentechnologien befragt. Zweitens wurden die Geschäftsfelder der einzelnen Unternehmen anhand ihrer Publikationen durch drei Experten der VDI TZ GmbH gesichtet und separat bewertet. So ergaben sich jeweils drei unabhängige Bewertung pro Unternehmen. In den meisten Fällen lagen die Experteneinschätzungen nah beieinander. Falls sich deutliche Divergenzen bei den Einschätzungen zeigten, erfolgte eine erneute Sichtung der Unternehmenspublikationen mit anschließender Diskussion, um sich auf eine gemeinsame Bewertung zu einigen.

Mit Hilfe der Unternehmensdatenbank kann die durch Grenz- und Oberflächentechnologien direkt bedingte Beschäftigung und der Umsatz approximiert werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien auch in andere Technologiefelder und Branchen ausstrahlt. Daher wurde mit Hilfe der Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes die Hebelwirkung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen quantitativ entlang der Wertschöpfungskette sowohl auf die Zulieferunternehmen als auch die Abnehmer geschätzt. Qualitativ wurde die Hebelwirkung im Rahmen von Expertengesprächen approximiert.

Im Rahmen der 12. Thementage „Grenz- und Oberflächentechnik“ am 14.3.2017 wurden die vorläufigen Ergebnisse der Studie vorgestellt und mit Experten diskutiert.

Schließlich wurden die Ergebnisse der Expertenbefragung, des Workshops im Rahmen einer SWOT-Analyse unter Berücksichtigung der Regionalen Innovationsstrategie (RIS 3 Thüringen) und eines geplanten virtuellen Thüringer Oberflächenzentrums (ThOZ) zusammengeführt. Dabei orientierten wir uns auch an den Empfehlungen der EU, wonach die SWOT-Analyse im engeren Sinn (Analyse der Stärken und Hemmnisse, Chancen und Risiken) kontextuiert wird durch die Darstellung von Visionen, Zielen und Benchmarks und daraufhin Handlungsfelder und Umsetzungsempfehlungen abgeleitet werden.

3. Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien für den Standort Thüringen

Im folgenden wird die Bedeutung von Grenz- und Oberflächentechnologien für den Standort Thüringen dargestellt. Hierbei wird ein Überblick über die Anwendung verschiedener Grenz- und Oberflächentechnologien in einzelnen Branchen gegeben. Die Unternehmenslandschaft und Forschungslandschaft werden dargestellt. Es wird ein Überblick über technologische Stärken und Alleinstellungsmerkmale gegeben. Der nächste Abschnitt stellt die Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen nach Regionen und Branchen dar und schätzt die wirtschaftliche Hebelwirkung auf Zulieferer und Abnehmer von direkt im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen ab. Schließlich werden auf Basis von Experteneinschätzungen Trends für die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung abgeleitet und die Kooperationsbeziehungen sowie die aktuelle Wettbewerbssituation beleuchtet.

3.1 Unternehmenslandschaft

Im Rahmen der Studie wurde eine Unternehmensdatenbank zu den im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen tätigen Unternehmen erstellt. Diese Daten wurden unter Berücksichtigung der Eigentümerstrukturen aggregiert und mit den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes verschränkt. Durch Berücksichtigung der Eigentümerstrukturen kann sichergestellt werden, Mehrfachzählungen von Mutter- und Tochterunternehmen zu vermeiden. Tabelle 3 stellt die wichtigsten Kennzahlen der Unternehmenslandschaft in Thüringen dar.

Es wurden 167 Unternehmen mit 183 Niederlassungen in Thüringen identifiziert und ausgewertet. Insgesamt Beschäftigen diese Unternehmen über 400.000 Beschäftigte weltweit und generierten dabei im Jahr 2015 einen Umsatz von fast 60 Milliarden Euro. In Thüringen waren in diesem Jahr in den relevanten Unternehmen 14.406 Beschäftigte tätig. Diese Zahlen beziehen sich dabei auf alle Tätigkeitsfelder der analysierten Unternehmen. Auf Basis der Experteneinschätzungen und der Unternehmensbefragung können 3.745 direkt den Grenz- und Oberflächentechnologien zugerechnet werden.

Von dem Einsatz von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen profitieren auch Beschäftigte in Zulieferer- und Abnehmerbetrieben. So liefert die Metallindustrie Materialien, die weiter durch Grenz- und Oberflächentechnologie veredelt werden. Die Glasindustrie liefert die Grundstoffe für die Optik. Dieser Umfang wurde mit Hilfe der Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes geschätzt. Demnach kann der Beschäftigungseffekt für Zuliefererbetriebe auf etwa 3.011 Beschäftigte und für Abnehmerbetriebe auf 2.940 Beschäftigte in Deutschland geschätzt werden, welche indirekt von der Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen abhängen. Diese Beschäftigten sind in Abschnitt 3.4.3 noch genauer aufgeschlüsselt. Inklusiv dieser Ausstrahlungseffekte beläuft sich die Beschäftigungswirkung durch die Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen auf 9.685.

Der Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen kann ein Umsatz von 529,2 Millionen Euro zugerechnet werden, wovon 219,45 Millionen aus Vorleistungen stammen. Demnach ergibt sich eine Wertschöpfung im Bereich der Grenz und Oberflächentechnologien Thüringens von 397,73 Millionen Euro.

Anzahl der erfassten Unternehmen	167
Anzahl der erfassten Niederlassungen in Thüringen	183
Beschäftigte der erfassten Unternehmen weltweit (alle Tätigkeitsfelder)	411.403
Umsatz weltweit (alle Tätigkeitsfelder)	59,7 Mrd. Euro
Beschäftigte in Thüringen (alle Tätigkeitsfelder)	14.406
Umsatz im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien durch Beschäftigte in Thüringen	529,2 Mio. Euro
Wertschöpfung im Bereich der Grenz und Oberflächentechnologien	307,73 Mio. Euro
Vorleistungen im Bereich der Grenz und Oberflächentechnologien	219,45 Mio. Euro
Direkt im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien Beschäftigte in Thüringen	3.734
Indirekt Beschäftigte in Zuliefererbetrieben (Deutschland)	3.011
Indirekt Beschäftigte bei Abnehmern (Deutschland)	2.940

Tabelle 3: Kennzahlen der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

Die Tabelle 4: Für die Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens relevante Unternehmen mit geschätzter grenz- und oberflächentechnikrelevanter Beschäftigung und Umsatz (2015) listet bedeutende Unternehmen der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen mit geschätzter grenz- und oberflächentechnikrelevanter Beschäftigung und Umsatz (2015) auf. Hierbei sind alle eigenständigen Unternehmen berücksichtigt. Als größtes Unternehmen kann die Jenoptik AG angesehen werden. Auf sie entfallen mit über 500 Mitarbeitern im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien rund 13,6 Prozent aller Beschäftigten des Technologiefeldes und mit über 100 Millionen Euro grenz- und oberflächenrelevanten Umsatz im Jahr 2015 fast 19 Prozent des Umsatzes. Besonders bedeutsam ist dabei das Tochterunternehmen Jenoptik Optical Systems GmbH mit rund 600 Beschäftigten in Jena, von denen ein Großteil im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnik tätig sind. Diese Tochter hat sich auf die Entwicklung, Fertigung und den Vertrieb von Präzisionsoptiken und -systemen in den Bereichen Optik, Mikrooptik und Optoelektronik spezialisiert. Darüber hinaus sind in Jena auch die Jenoptik-Töchter JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Jenoptik Laser GmbH und die HILLOS GmbH ansässig. In Eisenach befindet sich der Sitz der Photonic Sense GmbH, welche ebenfalls zur Jenoptik AG gehört.

Der Carl-Zeiss-Stiftung wird neben der Carl Zeiss AG auch die Schott AG zugerechnet. Insgesamt sind in beiden Unternehmen rund 250 Beschäftigte direkt in den Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens tätig. Die Carl Zeiss AG ist in Thüringen im Bereich der Optoelektronik, Optomechanik, Mikrooptik, Spektrometrie tätig. Der Stammsitz des Unternehmens liegt in Oberkochen bei Stuttgart. Im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnik sind für Thüringen vor allem drei Tochterunternehmen zu nennen, die alle in Jena ansässig sind: Carl Zeiss Jena GmbH, Carl Zeiss Microscopy GmbH,

Carl Zeiss Meditec AG. Insgesamt sind in diesen Töchtern über 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig. Zur Carl Zeiss Stiftung gehört auch die Schott AG mit zwei für die Grenz- und Oberflächentechnologien relevanten Töchtern: Die SCHOTT Jenaer Glas GmbH und die SCHOTT Technical Glass Solutions GmbH, in denen über 500 Beschäftigte tätig sind. Der Hauptsitz der Schott AG ist in Mainz.

Mit über 200 Beschäftigten im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnik kommt auch der X-FAB Silicon Foundries SE eine große Bedeutung für Thüringen zu. Insgesamt sind in dem Unternehmen mit Sitz in Erfurt über 600 Beschäftigte tätig. Der Gesamtumsatz lag im Jahr 2015 bei über 70 Millionen Euro. Im Rahmen des Foundry-Services bietet das Unternehmen die Fertigung von integrierten Schaltkreisen nach Kundenwunsch an.

Die Dipl.-Ing. Heinrich Leist Oberflächentechnik GmbH ist eine Tochter der Leist Holding GmbH & Co. KG mit Sitz in Fambach in Südwest-Thüringen. Zum Dienstleistungsspektrum des Unternehmens gehören Oberflächenveredelungen von Metallteilen, wie beispielsweise das Verzinken und die kathodische Tauchlackierungen. Insgesamt sind hier über 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, von denen mehr als ein Viertel den Grenz- und Oberflächentechnologien zugerechnet werden kann.

Die Wiegel-Gruppe mit Stammsitz in Nürnberg unterhält in Thüringen verschiedene Unternehmen, die alle im Bereich der Grenz und Oberflächentechnologien tätig sind. Hierzu zählen die WIEGEL Ichttershausen Feuerverzinken GmbH mit Sitz in Ichttershausen, die WIEGEL Isseroda Pulverbeschichten GmbH & Co. KG mit Sitz in Isseroda, die WIEGEL Jena Feuerverzinken GmbH und die WIEGEL Trusetal Feuerverzinken GmbH in Brotterode-Trusetal. In allen Unternehmen sind jeweils zwischen 25 und 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter primär im Bereich des Verzinkens und der Pulverbeschichtung tätig.

Die Bauerfeind AG ist ein Hersteller medizinischer Hilfsmittel, wie Bandagen, Orthesen, Kompressionsstrümpfe und orthopädische Einlagen mit Sitz in Zeulenroda-Triebes in Ostthüringen. Dort sind über 800 Beschäftigte tätig, von denen ein Teil der Grenz- und Oberflächentechnologien zugerechnet werden kann.

Ein weiteres relevantes Unternehmen ist die MG Muschert und Gierse Oberflächensysteme GmbH & Co. KG. Der Hauptsitz des Unternehmens ist in Neuenrade (Sauerland). Aber auch in Heiligenstadt, Thüringen hat das Unternehmen einen wichtigen Standort. Zum Tätigkeitsspektrum des Unternehmens zählt die Oberflächenveredelung für Metallteile, u.a. für die Kfz-Industrie.

GBneuhaus GmbH mit Sitz in Neuhaus am Rennweg (Südthüringen) beschäftigt ungefähr 120 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, von denen ein bedeutsamer Teil im Bereich der Grenz- und Oberflächen-technologie tätig ist. Das Unternehmen ist Anbieter individueller kundenspezifischer Beschichtungs-lösungen für verschiedenste Anwendungsgebiete. Diese reichen von der Herstellung und Applikation funktionaler und dekorativer Beschichtungssysteme bis hin zur Beschichtung von Automotive-Halogen-Lampen und der Beschichtung von Verpackungsmitteln in der Medizintechnik.

Die GalvanoTechnik Breitungen GmbH & Co. KG mit Sitz in Breitungen/Werra (Südwestthüringen) ist primär im Bereich der Veredelung von Kunststoffteilen für die Automobil- und Elektronikindustrie, für Armaturen und Haushaltswaren sowie die Sanitär- und Schmuckindustrie (Kunststoffverchromen, Trommelvernicken, chemisch Vernicken, Vergolden, Velourverchromen) tätig.

Lasos Lasertechnik GmbH mit Sitz in Jena ist ein OEM-Anbieter von Lasern und Lasersystemen für die Ausstattung hochpräziser Instrumente, insbesondere im Bereich der Biophotonik und Messtechnik. Der Fokus liegt dabei auf der kundenspezifischen Entwicklung und Fertigung von Lasermodulen und Teilsystemen für anwendungsbezogene Systemlösungen.

Insgesamt fallen auf die Top 10 Unternehmen der Grenz- und Oberflächentechnologien rund 1.500 direkt in dem Technologiefeld beschäftigte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dies entspricht 40,1 Prozent aller 3.734 im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien Beschäftigten. Diese Top 10 Unternehmen erwirtschafteten dabei 233,6 Millionen Umsatz im Bereich des Technologiefeldes, was 44,1 Prozent entspricht.

Für die Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen spielen KMU (Kleine und mittlere Unternehmen) eine große Rolle. Insgesamt fallen 138 bzw. 82,6 Prozent aller in der Datenbank erfassten Unternehmen unter die KMU-Definition der EU-Kommission². Insgesamt arbeiten knapp 52 Prozent (1.948 Personen) der Beschäftigten des Technologiefeldes in KMU. In diesen Unternehmen wird dabei mit 206,5 Millionen Euro rund 39 Prozent des für das Technologiefeld relevanten Umsatzes erwirtschaftet. Abbildung 1 zeigt die Beschäftigten der Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologien nach Unternehmensgrößenklassen im Jahr 2015. Dabei arbeiten mit 41,8 Prozent die meisten Beschäftigten in der Größenklasse zwischen 50 und 250 Mitarbeitern gefolgt Beschäftigten in der Gruppe von Unternehmen mit über 1.000 Mitarbeitern (37,2 Prozent). In Unternehmen mit 250 bis 1.000 Beschäftigten arbeiten rund 8,6 Prozent, in Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten 12,3 Prozent aller Beschäftigten³. Mit Blick auf den Umsatz zeigt sich, dass große Unternehmen tendenziell umsatzstärker sind. So werden 44,5 Prozent des Umsatzes im Technologiefeld von Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern erwirtschaftet. Die Gruppe mit 50 bis 250 Mitarbeitern erwirtschaftet 38,2 Prozent des Umsatzes, die Gruppe zwischen 250 und 1.000 Beschäftigten sowie die Gruppe unter 50 Beschäftigten jeweils 8,6 Prozent. Hierbei ist zu beachten, dass die Umsatz- Beschäftigtenzahlen in der Gruppe mit Unternehmen, die weniger als 50 Beschäftigte haben wahrscheinlich unterschätzt sind, da nicht alle Kleinstunternehmen Thüringens in der Datenbank erfasst wurden.

² Gemäß der Definition der EU-Kommission zählt ein Unternehmen dann zu den KMU, wenn es weniger als 250 Beschäftigte hat und einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen Euro erwirtschaftet oder eine Bilanzsumme von maximal 43 Millionen Euro aufweist. Zugleich muss es unabhängig sein, d.h. Unternehmen, die zu mehr als 25 Prozent zu einer Unternehmensgruppe gehören, fallen weder unter die KMU-Definition der Europäischen Kommission noch unter die des IfM Bonn.

³ Die Gruppe mit 250 bis 1000 Beschäftigten umfasst nur 9 Unternehmen. Die Gruppe 50 bis 250 Beschäftigten dagegen 55 Unternehmen, die Gruppe mit weniger als 50 Beschäftigten 84 Unternehmen und die Gruppe mit über 1000 Beschäftigten 19 Unternehmen.

	Grenz- und Oberflächenrelevante Beschäftigung in Thüringen (2015)	Grenz- und Oberflächenrelevanter Umsatz in Mio Euro (Thüringen, 2015)	Oberflächenrelevante Geschäftsfelder
Jenoptik AG	510	100,4	Optik, Präzisionsoptiken- und systeme, Optoelektronik, Mikrooptik, Laser
Carl Zeiss Stiftung (Carl Zeiss AG, Schott AG)	250	56,2	Optoelektronik, Optomechanik, Mikrooptik, Spektrometrie, Gläser, Spezialgläser
X-FAB Silicon Foundries SE	219	23,9	Kundenspezifische Fertigung von integrierten Schaltkreisen
Leist Holding GmbH & Co. KG	119	14,3	Oberflächenveredlung von Metallteilen
WIEGEL-Gruppe	90	9,3	Pulverbeschichtungen, Stückverzinken, Kleinteilverzinken, Feuerverzinken
Bauerfeind AG	85	8,6	Medizinische Hilfsmittel, Orthopädie
MG Oberflächensysteme	76	7,1	Oberflächenveredlung für Metallteile, u.a. für die Kfz-Industrie
GBneuhaus GmbH	76	9,1	Kundenspezifische Beschichtungslösungen, Beschichtungssysteme, u.a. für Automotive, Verpackungsindustrie, Medizintechnik
Galvanotechnik J. Holzapfel GmbH	75	4,7	Veredelung von Kunststoffteilen für die Automobil- und Elektronikindustrie
Lasos Lasertechnik GmbH	75	41,3	Laser und Lasersysteme, u.a. für Biophotonik und Messtechnik

Tabelle 4: Für die Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens relevante Unternehmen mit geschätzter grenz- und oberflächentechnikrelevanter Beschäftigung und Umsatz (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, eigene Berechnungen

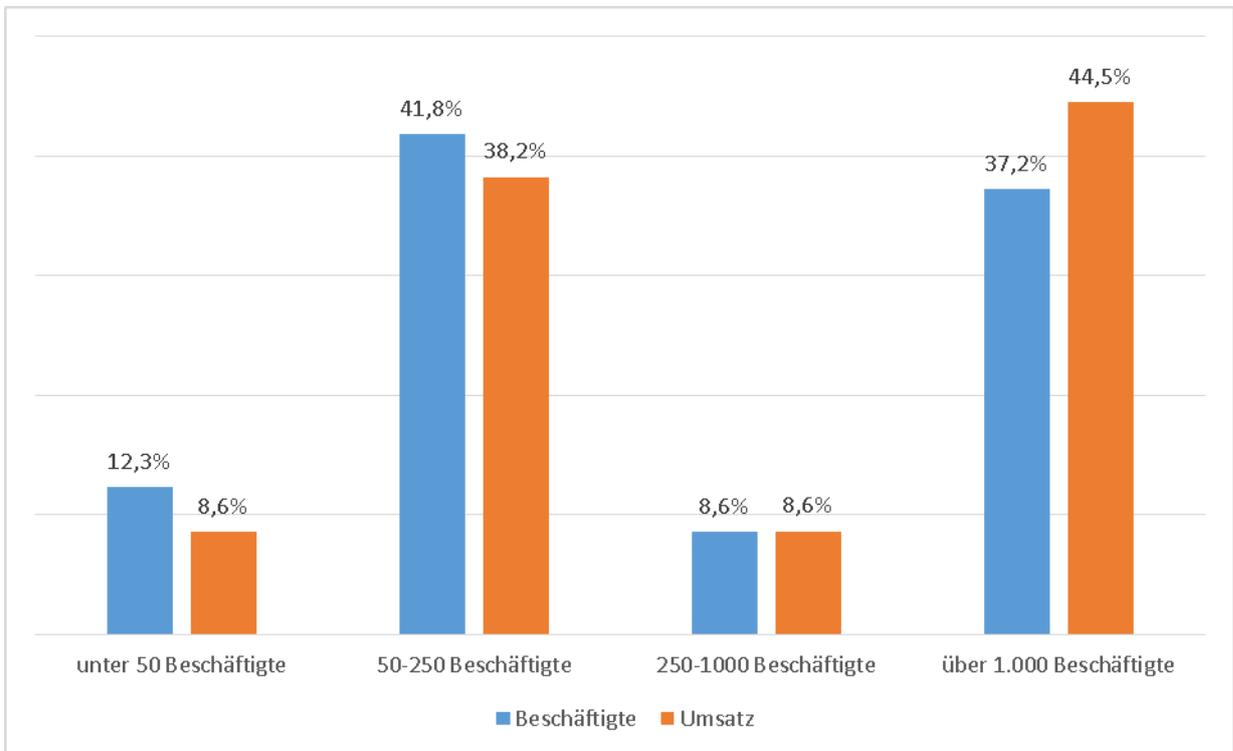


Abbildung 1: Im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen Beschäftigte und Umsatz nach Unternehmensgrößenklassen (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, eigene Berechnungen

3.2 Forschungslandschaft

Die thüringische Forschungslandschaft im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien ist breit gefächert und umfasst wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen der Zuse-Gemeinschaft, institutionelle Forschungseinrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft sowie Forschungseinrichtungen von Universitäten und Fachhochschulen. Hinzukommen verschiedene Netzwerkaktivitäten von Verbänden sowie regionalen Wachstumskerne im Rahmen der BMBF-Förderung mit thematischem Bezug zu den Grenz- und Oberflächentechnologien. Im Folgenden werden die relevantesten Einrichtungen und Netzwerke benannt. Eine detailliertere Zusammenstellung von Forschungsschwerpunkten der jeweiligen Institutionen findet sich im Anhang.

Universitäre Forschung

- FSU Jena
 - Abbe Center of Photonics
 - Otto-Schott Institut für Materialforschung
 - Jena Center for Soft Matter
 - Institut für Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie
 - Institut für Festkörperphysik

- Ernst-Abbe-Hochschule Jena
 - Fachbereich SciTec - Angewandte Optik
 - Fachbereich SciTec - Mikro- und Halbleitertechnologie
 - Fachgebiet Fertigungstechnik
- TU- Ilmenau
 - Stiftungsprofessur für Kunststofftechnik an der TU Ilmenau
 - Institut für Werkstofftechnik - Werkstoffe der Elektrotechnik
 - Institut für Werkstofftechnik - Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik
 - Institut für Werkstofftechnik - Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe
 - Institut für Werkstofftechnik - Metallische Werkstoffe und Verbundwerkstoffe
 - Institut für Mikro- und Nanotechnologien
 - Institut für Physikalische Chemie und Mikroreaktionstechnik
 - Institut für Technische Physik II / Polymerphysik
 - Fachgebiet Photovoltaik
 - Forschergruppe Oberflächenphysik funktioneller Nanostrukturen
- Hochschule Schmalkalden
 - Fachbereich Maschinenbau

Institutionelle und wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen

- CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH, Erfurt
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, Jena
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Hermsdorf
- General Numerics Research Lab e.V.
- Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V. (GFE), Schmalkalden
- Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH (ifw), Jena
- INNOVENT e.V. Technologieentwicklung Jena
- Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik, Heiligenstadt
- Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena
- Materialforschungs- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität, Weimar
- Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. (TITV), Greiz
- Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoffforschung e.V. (TITK), Rudolstadt

Netzwerke

- medways e.V., Jena
- OptoNet Jena e.V.
- Regionaler Wachstumskern GLASING Südthüringen - Energieeffiziente Veredlung dünner Glas-scheiben mit besonderen technischen Eigenschaften (2007–2010)
- Regionaler Wachstumskern J-1013 - Surface Technologies Net - Jena (2010–2013)

- Regionaler Wachstumskern BASIS - Bio-Analytics and Surface for Integrations in Systems - Jena (2011–2014)
- Regionaler Wachstumskern fo⁺ - Freeform Optics Plus - Jena (2014–2016)
- Regionaler Wachstumskern pades - Partikeldesign Thüringen, Weimar (2014–2017)
- Regionaler Wachstumskern TOF - Tailored Optical Fibers - Jena (2017–2019)

Inhaltliche Forschungsschwerpunkte Thüringer Forschungseinrichtungen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien sind:

- Photokatalyse, Simulationsverfahren von Oberflächen und Beschichtungen (z.B. Modellierung von Eigenschaften keramischer Pulver und daraus erzeugter Bauteile), mineralische Dämmstoffsysteme, Ausnutzung von Materialeigenschaften zur Ressourceneffizienz
- Erzeugen von Oberflächenstrukturen zur Spektroskopieentwicklung, generieren neuartiger Spektralfunktionen durch Kombination speziell diffraktiver Strukturen und Oberflächenreliefgittern mit weiteren optischen Komponenten, Erzeugung effizienter Entspiegelungsschichten durch Mottenaugenstrukturen
- Optische Funktionsschichten und Nanostrukturen auf Kunststoffen, Beschichtungen für kurze Wellenlängen vom DUV bis XUV, Weltraumqualifizierte Beschichtungen, Hochpräzise plasmagestützte Prozesse mit Beherrschung der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen optischer Schichten, Hochempfindliche Charakterisierung von Optikkomponenten sowie Materialkonzepte und Prozesse für Hochleistungsoptiken, Kontrollstrategien und Modellierungen für optische Beschichtungsstrecken, ALD für die Optik
- Antibakterielle- und antimikrobielle Oberflächen, Oberflächenspezifikationen für Lab-on-Chip-Technologien
- Sol-Gel-Technik und CVD für keramische Schichten, Anwendung für Membran- und Batterieentwicklung
- Generell PVD, z.B. Oxinitride, Kohlenstoffschichten, Haftvermittlerschichten (Beschichtungen schwieriger Substrate) und Hochtemperaturanwendungen, Vorteile Oxinitride: hohe Temperaturen geeignet, genügend Zähigkeit
- Einsatz ionischer Flüssigkeiten in der Elektrolyse, Ersatz von toxischen Stoffen (Chrom-VI, Borsäure, Nickel), Prozesse "umweltverträglicher" machen, umweltverträgliche Energiespeicher: neue Konzepte mit höherer Energiedichte, Leistungsdichte, auch im Bereich flüssiger Systeme (Redox-Flow, Lithium-Schwefel)
- Schutz von Kulturgütern (InnoKultur) unabhängig von wirtschaftlicher Umsetzung, Funktionalisierung von technischen Gläsern (Flachgläser, Hohlgläser), Funktionalisierung von Basaltfasern, -flocks, Anwendung in Richtung Antifouling im maritimen Bereich (allerdings besteht beim Naturstoff Basalt ein Problem mit Reproduzierbarkeit und Standardisierung), Verfahrensentwicklung und -Kombination, Simulation von Beschichtungsprozessen
- Hartzerspannung für Werkzeug- und Formbau, optimale Gestaltung von Werkzeugen hinsichtlich Schneidstoffgeometrie und Beschichtung
- Tribologie und biokompatible Oberflächen
- Bewerten von Schichten für die Anwendungsfelder Produktionstechnik und Medizintechnik

3.3 Technologische Stärken und Alleinstellungsmerkmale

Aus den Interviews mit thüringischen Experten ließen sich Hinweise auf technologische Stärken oder sogar Alleinstellungsmerkmale im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen ableiten.

Von Unternehmensvertretern wurden folgende Bereiche genannt, bei denen Alleinstellungsmerkmale beziehungsweise ausgewiesene Stärken der jeweiligen Unternehmen bestehen (siehe auch Abbildung 2):

- Beschichtungen mit verschiedenen Materialkombinationen für Optiken im tiefen UV (193 nm und 266 nm), deren Know-how aus Ergebnissen geförderter Projekte aufgebaut wurde. Hinzu kommen klebfreie Füge-technologien für UV-Optiken durch optisches Kontaktieren über Adhäsionskräfte
- Breites Portfolio von Fertigungsverfahren/-technologien für die Fertigung optischer Komponenten aus einer Hand, beispielsweise Freiformen, flexible Formen, flexible Beschichtungslösungen, individuelle Elektronik und Softwarelösung sowie Integration in Gesamtsysteme
- Bestimmte Reaktor- und Tauchbeschichtungen für Spezialgläser.
- Langzeitstabilität von Lasern für die Biophotonik
- Atmosphärendruck-CVD-Beschichtungen, für die es nur wenige Wettbewerber gibt
- Herstellung spezifischer Materialkombinationen für die Sensorik, Kombination von Oberflächenaktivierungen mit gleichzeitiger Beschichtung und Mikrostrukturierung, wobei sämtliche Skalierungen von FuE, Prototypentwicklung bis zu Produkten für den Massenmarkt angeboten werden können
- Titanbeschichtungen von Kunststoffen mittels Pulvereinpressverfahren, mit denen zementfreie Kunststoff-Hüftimplantate realisiert werden können. Titanbeschichtungen von Keramiken, um auf das Titaninlay von Hüftprothesen verzichten zu können und das direkte Einwachsen des Implantats in den Körper zu verbessern.
- Galvanisch erzeugte hochleitfähige Garne, CVD und elektrochemisch erzeugte SiO_x-Haftvermittlerschichten für Textilien sowie Systemintegration zur Herstellung elektronischer Textilien.
- Chromfreie Passivierung für Stähle im Balkonbau, wobei Wettbewerber zum Teil noch mit Chromatierung unterwegs sind
- Nano-3D-Druck auf großen Oberflächen mit exakter Positionierung.

Von Vertretern von Forschungsinstitutionen wurden folgende Bereiche genannt, bei denen Alleinstellungsmerkmale beziehungsweise ausgewiesene Stärken der Institution bestehen:

- Verfahren des **reaktiven Ionenätzens** (RIBE = Reaktive Ion Beam Etching). Hierbei handelt es sich um chemisch-physikalische Prozesse, bei denen wichtige Parameter wie Reproduzierbarkeit, Homogenität, Selektivität und Ätzprofil präzise einstellbar sind. Dies ist vor allem für die Halbleiterindustrie wichtig.
- Oberflächenfunktionalisierungen und **multifunktionale optische Schichtsysteme** auf Kunststoff, Glas, Keramik und Metall für Wellenlängen von Extrem-Ultraviolett bis Infrarot. Eine Spezialisierung liegt auf Optikkomponenten für immer kürzere Wellenlängen. Begründet ist

dieser Trend zum einen in der Forderung nach Erhöhung des Auflösungsvermögens optischer Systeme und zum anderen in der Verfügbarkeit leistungsfähiger Strahlquellen im extrem ultravioletten Spektralbereich (EUV) und im weichen Röntgenbereich. Herausragende Anwendungen von EUV- und Röntgenoptiken sind neben der EUV-Lithographie (13,5 nm): Mikroskopie im »Wasserfenster« (2,3 nm ... 4,4 nm), Astronomie, Beamline-Optiken für Synchrotrons, Röntgenlaser und zukünftig Röntgenlaser. Für optische Bauteile wird in zunehmendem Maße Kunststoff anstelle von Glas eingesetzt. Zu den typischen Anwendungen gehören neben Brillengläsern und kompliziert geformten Linsen auch Armatur-Abdeckungen im Fahrzeug. Für optische Teile aus Kunststoff werden wie für Glasoptiken reflexmindernde Beschichtungen und andere funktionale Schichten benötigt. Kunststoffe sind jedoch hinsichtlich ihrer Oberflächeneigenschaften vielfältiger als Glas. Spezialprozesse wurden für die Beschichtung von Kunststoffoptiken beispielsweise aus PMMA, Polycarbonat, Zeonex, Polyamid oder CR39 entwickelt. Metalle sind für eine Vielzahl von Anwendungen unverzichtbare Schichtmaterialien. So lassen sich etwa sehr breitbandige Reflektoren mit höchster Reflexion nur mit Metallschichten realisieren. Teildurchlässige Metallschichten dienen als weitgehend polarisationsunabhängige Strahlteiler. In der Mikrooptik werden optisch dichte Metallschichten als Masken oder Blenden verwendet. Andere Anwendungen nutzen Eigenschaften wie Haftfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit oder einen hohen Schmelzpunkt von Metallen. Kompetenzen: **Optisch dichte Metallschichten, teildurchlässige Metallschichten, hochreflektierende Aluminium-, Silber- und Goldschichten, lötbare Schichten, geschützte und verstärkte Metallschichten**

- Kompetenzen im Bereich der **Sol-Gel-Technik** für anorganische Schichten, die auf großen Substratflächen defektfrei unter Reinraumbedingungen appliziert werden können. Weitere Stärken im CVD-Bereich bei der Innenbeschichtung von Rohren für die Membrantechnik sowie Membranschichten. Das FhG-IKTS ist das größte Membraninstitut in Europa.
- **Beschichtungen unter Normaldruckbedingungen** (Flamm- und Plasmaverfahren), Kombination von Normaldruckverfahren zur Eigenschaftsoptimierung, die im Rahmen des regionalen Wachstumskerns J1013 entwickelt wurden. Plasmachemische Oxidation (Beschichtung von Leichtmetallen zur Anwendung in Automobiltechnik und Optik).
- **Beschichtungen** aus kubischen Bornitrid und Oxinitridschichten **für Spezialanwendungen**, z.B. für Hochtemperaturbeschichtungen mit ausreichender Zähigkeit.
- Einsatz **ionischer Flüssigkeiten** und generell nichtwässriger Systeme **in der Galvanik/Elektrochemie**, Simulation von Abscheideprozessen sowie grundlegende Forschung zur elektrochemischen Oberflächentechnologie.
- Einsatz der Photokatalyse zum Schadstoffabbau, Funktionsschichten zur **Eigenschaftsoptimierung von Baumaterialien**, wie z.B. Einsatzhärten, funktionalisieren von Klebeschichten für das Monitoring von Bauteilen.
- Bewerten von Schichten für das Anwendungsfeld **Produktionstechnik** sowie **Medizintechnik**.

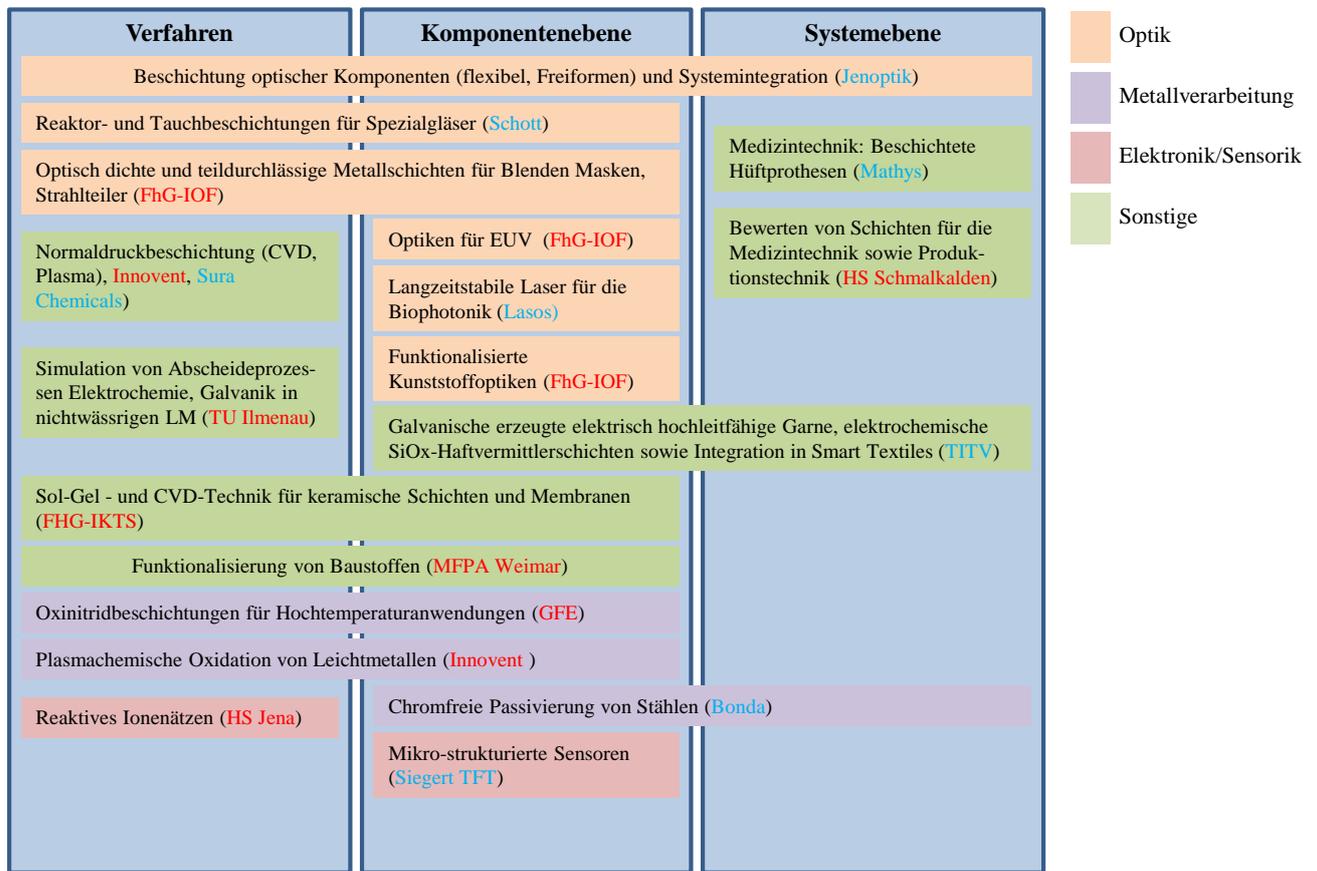


Abbildung 2: Übersicht zu Alleinstellungsmerkmalen/Stärken thüringischer Akteure im Bereich Grenz- und Oberflächenfunktionalisierungen entlang der industriellen Wertschöpfungskette

Quelle: VDI TZ

3.4 Wirtschaftliche Bedeutung

3.4.1 Relevanz der Oberflächentechnologien für Wirtschaftsbranchen in Thüringen

In Rahmen der Analyse der Unternehmenslandschaft (vgl. Abschnitt 3.1) wurde bereits dargestellt, dass etwa 3.745 Beschäftigten direkt den Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen zugeordnet werden können. Dabei werden 529,2 Mio. Euro Umsatz und eine Wertschöpfung von 307,73 Mio Euro erwirtschaftet. KMU sind dabei zu 52 Prozent an der Beschäftigung und zu 39 Prozent am Umsatz beteiligt.

In diesem Abschnitt wird die wirtschaftliche Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien nach einzelnen Branchen genauer aufgeschlüsselt. Dabei orientieren wir uns an der Klassifikation der Wirtschaftszweige der Statistischen Ämter (WZ 2008). Wichtig ist dabei zu beachten, dass nicht die Gesamtzahlen der Branchen angegeben werden, sondern die direkte wirtschaftliche Relevanz von Grenz- und Oberflächentechnologien in den einzelnen Branchen quantifiziert wird.

Wie Abbildungen 3–5 zeigen, weist die Herstellung von Metallerzeugnissen (inklusive der Metallerzeugung und -bearbeitung) die höchste Beschäftigungsrelevanz für das Technologiefeld auf. Hier sind mit 1.425 Personen rund 38 Prozent aller direkt in Grenz- und Oberflächentechnologien Beschäftigten

tätig, wobei diese 27 Prozent (139,2 Mio. Euro) des Gesamtumsatzes des Technologiefeldes erwirtschaften. Der Umsatz pro Beschäftigten ist mit 101.978 Euro unterdurchschnittlich stark ausgeprägt. Die Wertschöpfung der Branche kann mit Hilfe der Input-Output-Rechnungen auf 68,5 Mio. Euro geschätzt werden. Dies entspricht 22,6 Prozent der Wertschöpfung in den Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologien. Im Vergleich zu anderen Branchen ist im Bereich der Metallerzeugnisse der Anteil der Vorleistungen an der Wertschöpfung mit 52,9 Prozent recht hoch. Hierin dürfte ein wichtiger Grund für den unterdurchschnittlich stark ausgeprägten Umsatz pro Beschäftigten liegen. Der Anteil von Grenz- und Oberflächentechnologien am Umsatz beläuft sich auf 3,9 Prozent.

Auf einen wesentlich höheren Wert kann der Anteil von Grenz- und Oberflächentechnologien am Umsatz der Optik geschätzt werden (15,6 Prozent). Zwar rangiert die Branche nur auf Rang 2 bei dem Anteil der Beschäftigten an allen direkt Beschäftigten der Grenz- und Oberflächentechnologien (22 Prozent; 811 Personen), weist aber den größten Anteil am Umsatz auf (36 Prozent; 190,5 Millionen Euro). Hieraus ergibt sich ein Umsatz pro Beschäftigten von 235.053 Euro im Jahr. Dies ist mit Abstand der höchste Wert in allen Branchen, in denen Grenz und Oberflächentechnologien zum Einsatz kommen. Mit 139,2 Millionen Euro erwirtschaften Grenz- und Oberflächentechnologien innerhalb der Optik daher auch mit Abstand die höchste Wertschöpfung von allen Branchen in dem Technologiefeld. Dieser Wert entspricht rund 45,2 Prozent der gesamten Wertschöpfung von Grenz- und Oberflächentechnologien. Der Anteil von Vorleistungen am Umsatz ist mit rund 27 Prozent folglich eher gering.

Die Branche "Elektrotechnik u. Datenverarbeitung" beschäftigt rund 493 Personen direkt in Grenz- und Oberflächentechnologien. Dies entspricht rund 13 Prozent aller Beschäftigten des Technologiefeldes. Der Umsatz liegt bei rund 56,8 Millionen Euro (11 Prozent). Daraus resultiert ein Umsatz pro Beschäftigten von 115.266 Euro. Die Wertschöpfung beläuft sich auf 41,5 Millionen Euro (rund 13,5 Prozent der gesamten Wertschöpfung des Technologiefeldes). Der Anteil von Grenz- und Oberflächentechnologien am Umsatz wird auf 4,9 Prozent geschätzt.

Ebenfalls bedeutsam ist die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien bei der Herstellung von Glaswaren und Keramik. Der Einsatz von Grenz- und Oberflächentechnologien am Umsatz kann für die Branche auf 3,1 Prozent geschätzt werden. Nach der Optik weist die Branche die zweithöchste Relation von Umsatz pro Beschäftigten auf (162.556 Euro). Die im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien Beschäftigten in dieser Branche werden auf 318 Personen (9 Prozent) geschätzt, der Umsatz auf 51,6 Millionen Euro, was etwa 10 Prozent des Gesamtumsatzes in dem Technologiefeld entspricht. Die Wertschöpfung liegt bei etwa 31,6 Millionen Euro (10,3 Prozent). Der Anteil der Vorleistungen ist eher durchschnittlich stark ausgeprägt.

Ein eher durchschnittliches Verhältnis von Umsatz pro Beschäftigten weisen der Maschinenbau (141.605 Euro), die Medizintechnik (129.822 Euro) und die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (115.299 Euro) auf. Die Bedeutung für alle im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien direkt Beschäftigten liegt beim Maschinenbau und bei der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren bei rund 4 Prozent. Die Medizintechnik beschäftigt etwa 5 Prozent.

Ähnlich sind die jeweiligen Anteile mit Blick auf den Umsatz: Medizintechnik, 5 Prozent; Maschinenbau, 4 Prozent; Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren: 3 Prozent.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass von allen Branchen die Optik die wirtschaftlich größte Bedeutung für den Umsatz und die Wertschöpfung innerhalb der Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens hat. Die Herstellung und Bearbeitung von Metallerzeugnissen weist dagegen die höchste Beschäftigungsrelevanz auf.

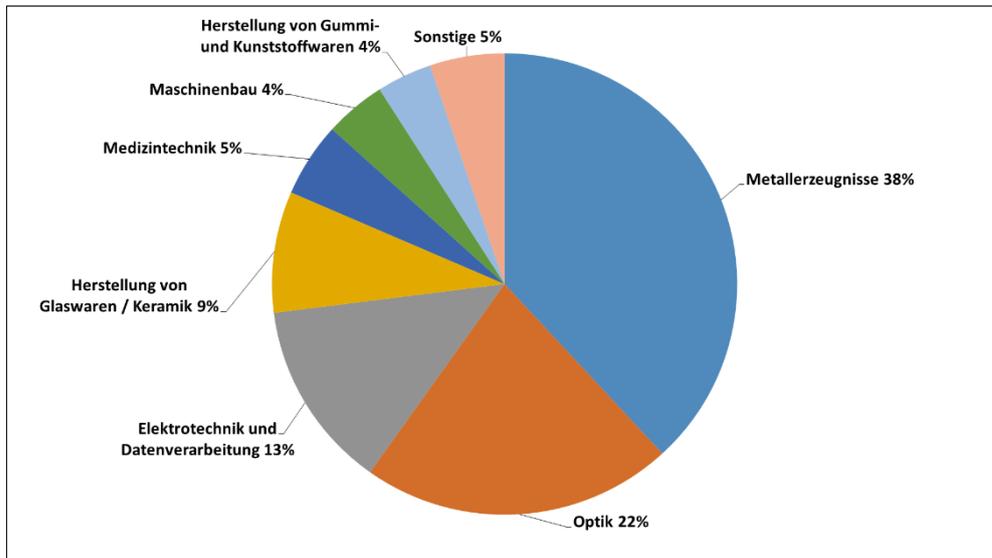


Abbildung 3: Prozentuale Anzahl an Beschäftigung in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

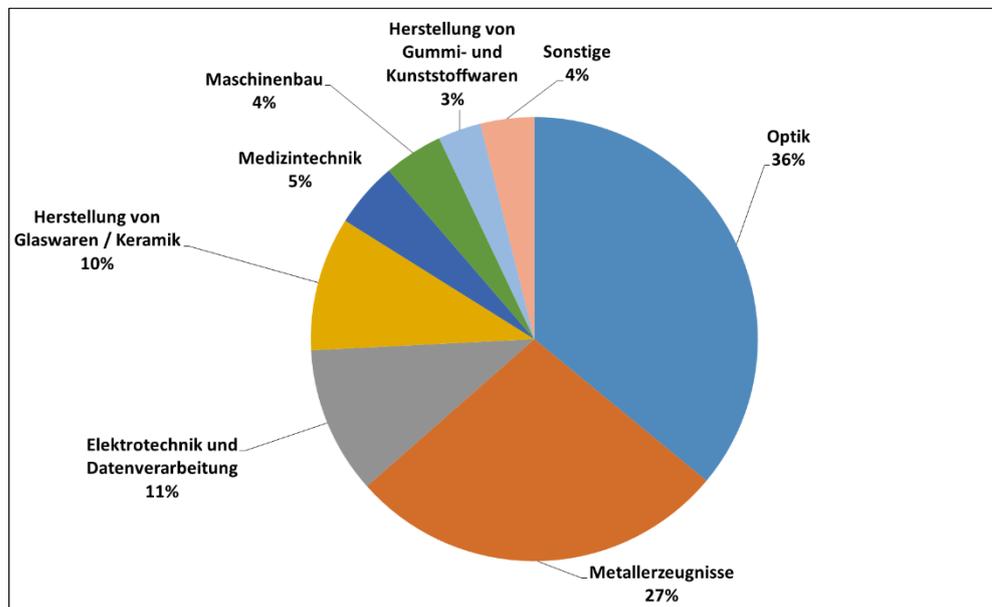


Abbildung 4: Prozentualer Umsatz in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

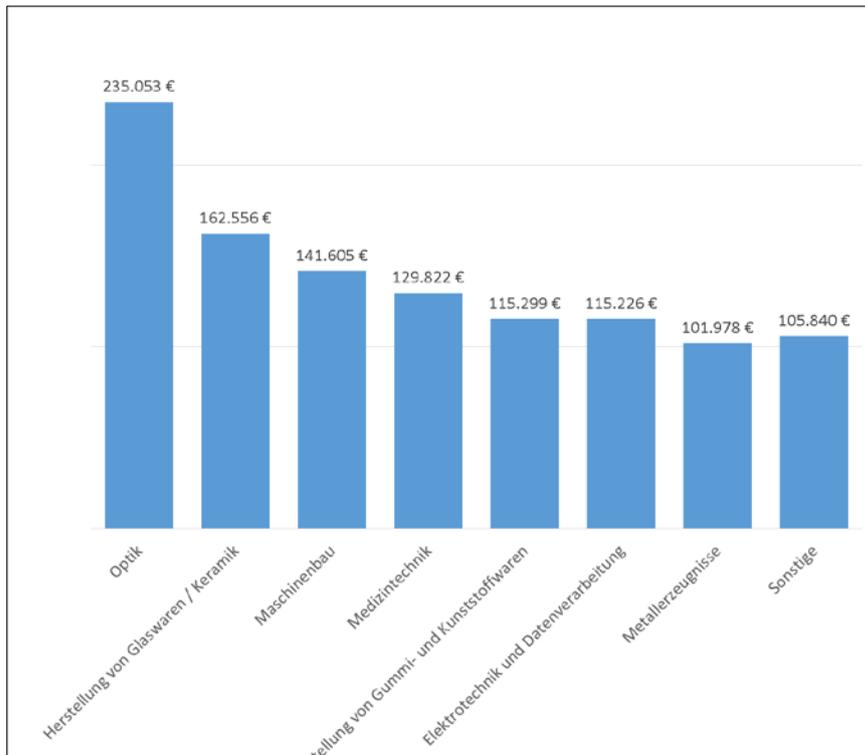


Abbildung 3: Umsatz pro Beschäftigten in Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens nach Branchen (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

	Metallerzeugnisse	Optik	Elektrotechnik u. Datenverarbeitung	Herstellung von Glaswaren/Keramik
Wirtschaftszweigklassen (WZ 2008)	24; 25	26.7	26.1; 26.5	23
Beschäftigte	1.425	811	493	318
Umsatz in Mio. Euro	139,2	190,5	56,8	51,6
Umsatz pro Beschäftigten in Euro	101.978	235.053	115.226	162.556
Vorleistungen in Mio. Euro	76,8	51,4	15,3	20,0
Wertschöpfung in Mio. Euro	68,5	139,2	41,5	31,6
Anteil Vorleistungen am Umsatz	52,9 %	27 %	27 %	38,8 %
Anteil der Grenz- und Oberflächentechnologien am Umsatz	3,9 %	15,6 %	4,9 %	3,1 %

Tabelle 5: Wirtschaftliche Kennzahlen von Grenz- und Oberflächentechnologien in ausgewählten Branchen in Thüringen (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen

Neben der Analyse von Unternehmensdaten wurde im Rahmen der Experteninterviews auch der Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien für einzelne Wirtschaftsbranchen sowie die thüringische Wirtschaft erfasst. Hierbei wurden Experten aus führenden Institutionen und Unternehmen der Oberflächentechnik in Thüringen in Bezug auf die Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien insgesamt aktuell für die jeweilige Branche und für Thüringen sowie für die künftige Entwicklung befragt.

Als relevanteste Branche für die Grenz- und Oberflächentechnologien wird die Optik eingeschätzt auf einer Skala von 1 (nicht relevant) bis 5 (sehr relevant) (siehe Abbildung 6). In der Abbildung 6 sind auch 80-prozentige Konfidenzbänder abgetragen, um Aussagen treffen zu können, ob die Abweichungen trotz der relativ geringen Stichprobengröße von 24 Experten als statistisch signifikant angesehen werden können. Dabei liegen alle Werte jeweils mit einer 80-prozentigen Wahrscheinlichkeit innerhalb ihrer Konfidenzbänder. Demnach ist die aktuelle Bedeutung von der Optik für die Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringen signifikant größer als die von allen anderen Branchen. Mit Blick auf die zukünftige Bedeutung sind der Maschinenbau, die Herstellung von Glas und Glaswaren, die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, die Metallindustrie und die Kunststoffindustrie ebenfalls sehr hoch und nicht mehr signifikant von der Optik zu unterscheiden, obwohl die Durchschnittswerte noch etwas geringer sind.

Die Optikbranche in Thüringen wird bei der Anwendung der Oberflächentechnologie als führend in Deutschland eingeschätzt. Die Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien wird in dieser Branche künftig auf hohem Niveau weiter wachsen. Die TOP 5 der relevantesten Branchen sind:

1. Optik
2. Maschinenbau
3. Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik
4. Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse
5. Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen

In den Interviews wurde in den Einschätzungen der Gesprächspartner deutlich, dass in einigen Branchen der Einsatz innovativer Grenz- und Oberflächentechnologien eher schwächer als im Branchendurchschnitt ausgeprägt ist. Der Mittelstand beispielsweise in der Metall- und Kunststofftechnik sowie in Zulieferbetrieben des Fahrzeug- und Maschinenbaus wird von vielen Experten als wenig innovative, eher verlängerte Werkbank der in anderen Bundesländern ansässigen Zentralen bezeichnet.

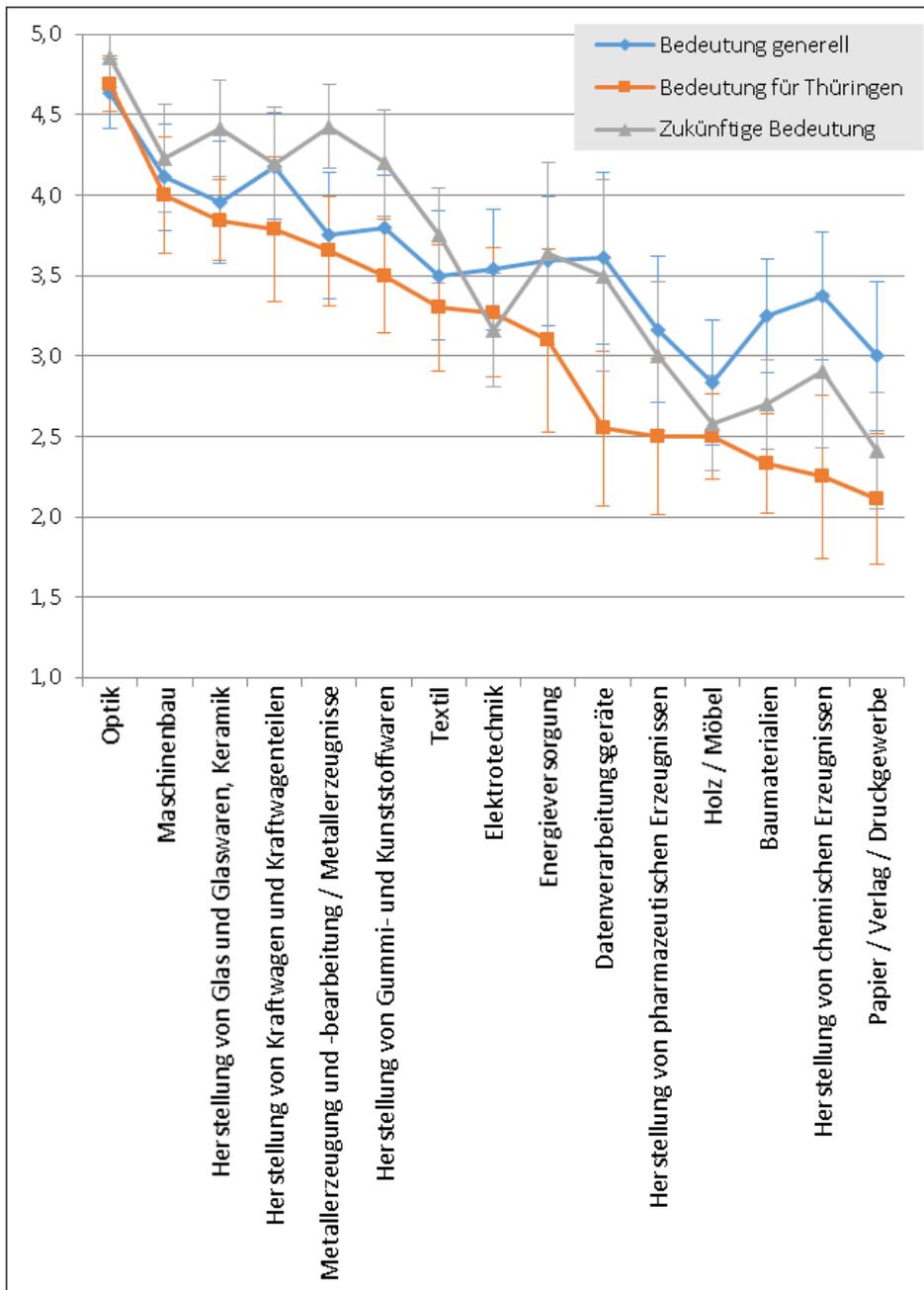


Abbildung 4: Relevanz von Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Wirtschaftsbranchen gemäß der Einschätzung durch thüringische Experten. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, 80%-Konfidenzbänder, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Dies wird auch aus der Darstellung der folgenden Abbildung deutlich, in der die Differenz der Bedeutung für Thüringen zum aktuellen Branchendurchschnitt sowie zur künftigen Entwicklung aufgetragen ist.

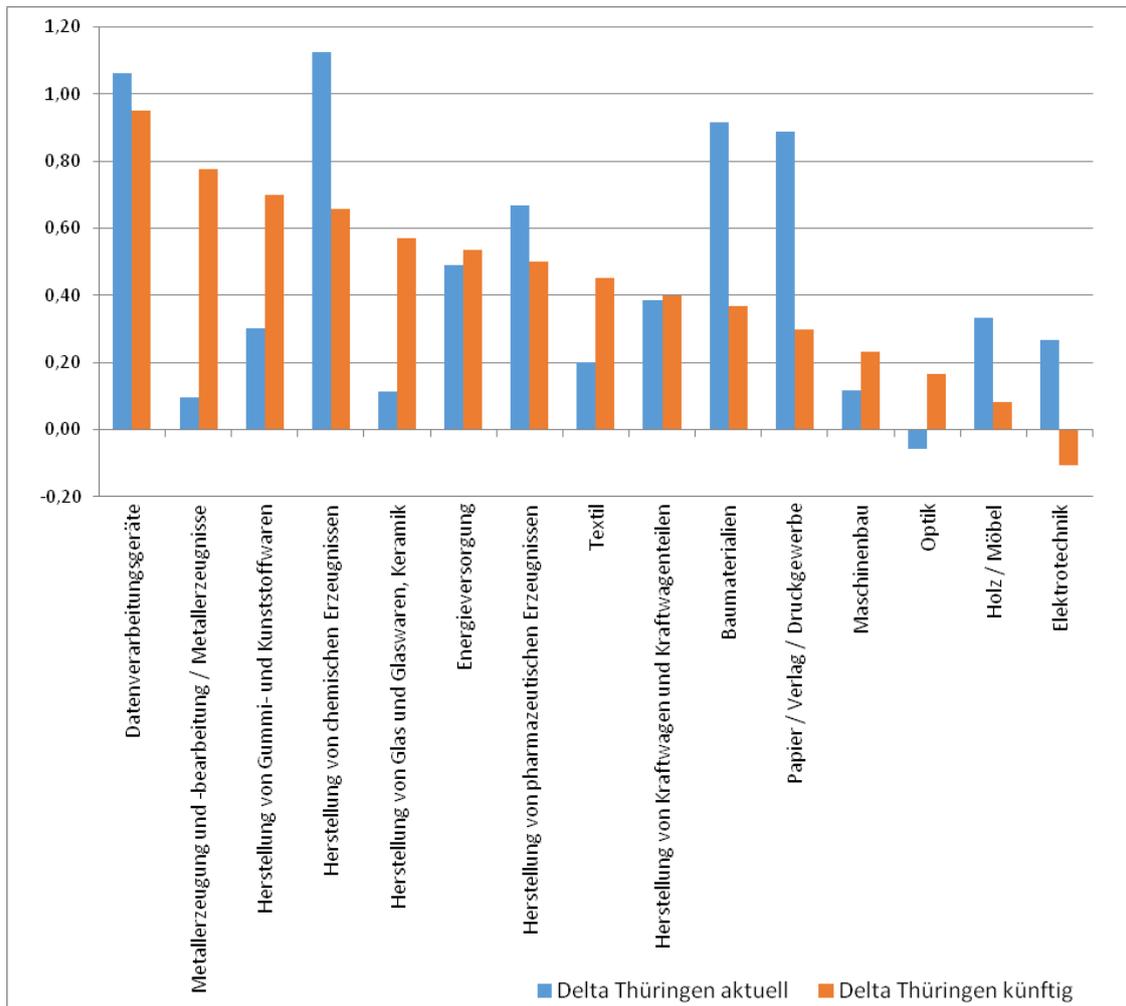


Abbildung 5: Unterschiede der jeweiligen Bedeutung von Grenz- und Oberflächentechnologien für Thüringen im Vergleich zum aktuellen Branchendurchschnitt (blau) und der zukünftigen Entwicklung (orange) gemäß der Einschätzung durch thüringische Experten. (Bewertungsskala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, dargestellt ist die Differenz der jeweiligen Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Zu beachten sind vor allem die Differenzen zur künftigen Entwicklung, da hier zu erwarten ist, dass Grenz- und Oberflächentechnologien in diesen Bereichen signifikant an Bedeutung gewinnen werden und der Abstand sich im Verhältnis zur derzeitigen Situation in Thüringen vergrößern wird. Sofern keine besonderen Anstrengungen unternommen werden, wird Thüringen in diesen Branchen im Vergleich zum Branchendurchschnitt voraussichtlich zurückfallen.

Die TOP 5 der Branchen mit den größten künftigen Differenzen zu Thüringen sind:

1. Datenverarbeitungsgeräte
2. Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse
3. Herstellung von Gummi und Kunststoffwaren
4. Herstellung von chemischen Erzeugnissen
5. Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik

Differenziert werden muss hierbei noch zwischen aktuell wenig vertretenen Branchen in Thüringen, wie der Halbleitertechnik (Datenverarbeitungsgeräte) sowie der Chemie, bei denen die Differenz sowohl aktuell als auch künftig hoch ist, sowie Branchen, in denen Thüringen aktuell stark ist, wo allerdings aufgrund mangelnder Innovationsfähigkeit künftig Boden verloren werden kann. Dies gilt vor allem für die Metall- und Kunststoffindustrie sowie die Glas- und Keramikindustrie, bei denen die Differenz zum Branchenschnitt derzeit noch gering eingeschätzt wird, künftig aber ansteigen wird. Deutlich wird der Zusammenhang in folgender Abbildung, bei der bei allen Branchen oberhalb der roten Linie eine Verschlechterung im Vergleich zum Status quo zu erwarten ist.

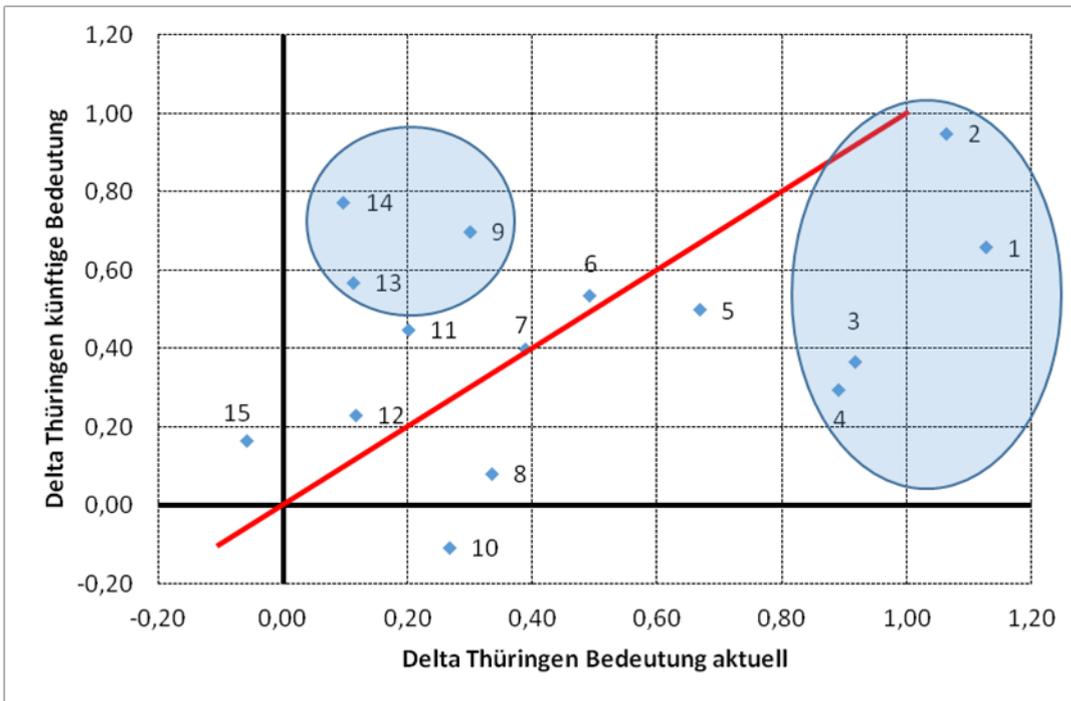


Abbildung 6: Bedeutung von Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Branchen in Thüringen im Vergleich zum aktuellen Branchendurchschnitt und zur zukünftigen Entwicklung gemäß der Einschätzung durch thüringische Experten. (Bewertungsskala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Differenz der Durchschnittswerte, n=24); Legende:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1: Herstellung von chemischen Erzeugnissen | 9: Gummi- und Kunststoffwaren |
| 2: Datenverarbeitungsgeräte | 10: Elektrotechnik |
| 3: Baumaterialien | 11: Textil |
| 4: Papier / Verlag / Druckgewerbe | 12: Maschinenbau |
| 5: Pharmazeutische Erzeugnisse | 13: Glas und Glaswaren, Keramik |
| 6: Energieversorgung | 14: Metallerzeugung und -bearbeitung |
| 7: Kraftwagen und Kraftwagenteile | 15: Optik |
| 8: Holz / Möbel | |

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

3.4.2. Regionale Verteilung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

Betrachtet man die regionale Verteilung der in den Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens Beschäftigten so finden sich mit rund 1.180 Personen bzw. 31,5 Prozent die meisten im Raum Jena. Dies entspricht fast einem Drittel aller Beschäftigten des Technologiefeldes (Abbildung: 9). Schaut man sich die einzelnen Branchen genauer an, ist Jena das Zentrum der Optik in Thüringen. Die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien in dieser Region ist aber auch für die Elektrotechnik und Datenverarbeitung sowie für die Glasindustrie wichtig. Die hohe Zahl der Beschäftigten in dieser Region liegt u.a. daran, dass die beiden größten eigenständigen Unternehmen des Technologiefeldes bedeutsame Standorte in Jena haben: Jenoptik mit diversen Töchtern und Carl Zeiss mit den Töchtern SCHOTT Technical Glass Solutions GmbH, Carl Zeiss Jena GmbH, Carl Zeiss Microscopy GmbH sowie Carl Zeiss Meditec AG. Darüber hinaus sind in Jena auch die Lasos Lasertechnik GmbH, GOT Gesellschaft für Oberflächentechnik mbH, Analytik Jena AG, Optics Balzers Jena GmbH, asphericon GmbH und die j-fiber GmbH ansässig.

An zweiter Stelle folgt mit über 300 Beschäftigten bzw. 8,1 Prozent im Technologiefeld die Region "Schmalkalden-Meinungen". Diese Region stellt mit Blick auf Grenz- und Oberflächentechnologien den Schwerpunkt für die Metallindustrie dar. Wichtige Unternehmen in dieser Region sind unter anderem: Dipl.-Ing. Heinrich Leist Oberflächentechnik GmbH, GalvanoTechnik Breitenungen GmbH & Co. KG, Schlütter Oberflächentechnik GmbH und MWS Schneidwerkzeuge GmbH & Co KG.

Mehr als 250 Beschäftigte sind in der Region Erfurt zu finden. Dies entspricht etwa 7,1 Prozent aller Beschäftigten des Technologiefeldes. Eine besonders große Bedeutung für das Technologiefeld in dieser Region hat die Elektrotechnik und Datenverarbeitung. Hier findet sich die X-FAB Semiconductor Foundries AG. Auch die Behrendt Oberflächentechnik GmbH spielt eine Rolle.

Mehr als 200 Beschäftigte in dem Technologiefeld weist unter anderem der Saale-Holzland-Kreis auf (6,3 Prozent). In dieser Region finden sich zahlreiche Kompetenzen im Bereich der Sensorik, Metallveredlung und Medizintechnik. Hier sind unter anderem Niederlassungen der Siegert Thinfilm Technology GmbH, der Pieper Oberflächentechnik Hermsdorf GmbH, die Mathys Orthopädie GmbH und die Kahla Thüringen Porzellan GmbH zu finden.

In der Region "Sonneberg" sind rund 200 Beschäftigte in dem Technologiefeld tätig (5,5 Prozent). Große Bedeutung hat hier insbesondere die Glasindustrie. Dort finden sich unter anderem Niederlassungen der GBneuhaus GmbH, der Glaswerk Ernstthal GmbH und ILB Industrielackierung Biedermann GmbH. Eine ähnlich hohe Anzahl an Beschäftigten im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien ist auch in der Region "Greiz" tätig. Hier finden sich beispielsweise Niederlassungen der Bauerfeind AG, der ALZI Metallveredlung GmbH und der SPALECK Oberflächenveredlung GmbH.

Weitere wichtige Betriebe im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen finden sich unter anderem in dem Unstrut-Hainich-Kreis (4,4 Prozent), dem Wartburgkreis (4,4 Prozent), der Region Hildburghausen (4,2 Prozent), dem Ilm-Kreis (3,1 Prozent), Weimar (2,9 Prozent) und der Region Eichsfeld (2,8 Prozent).

In Tabelle 6 sind die wichtigsten Branchen für die Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens mit einer Auswahl von relevanten Unternehmen dargestellt.

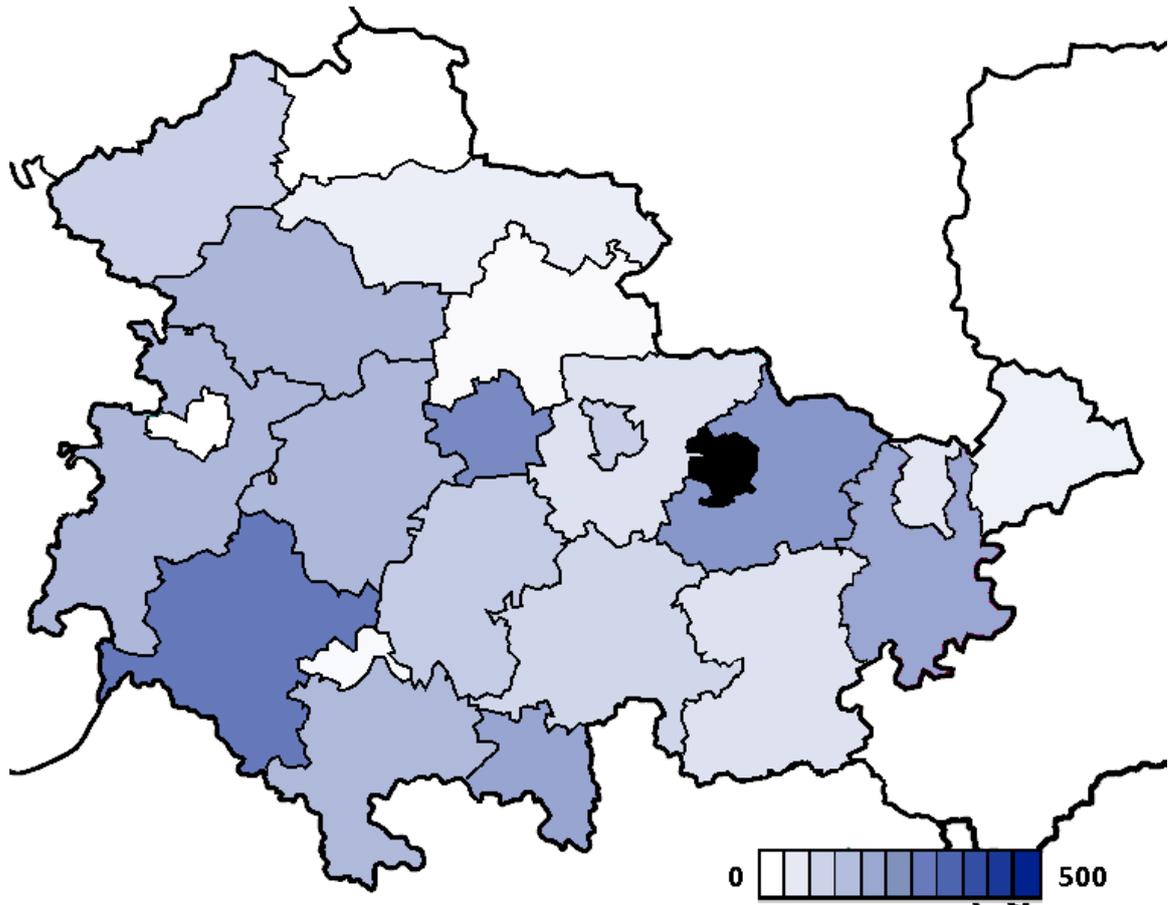


Abbildung 7: Regionale Verteilung der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen Thüringens nach NUTS3-Regionen: Anzahl der im Technologiefeld direkt Beschäftigten (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Europäische Kommission, eigene Berechnungen

Branche	Wichtige Unternehmen	Regionale Schwerpunkte
Metallerzeugnisse	Dipl.-Ing. Heinrich Leist MG Oberflächensysteme Galvanotechnik J. Holzapfel GmbH Rockenstein GmbH Gesellschaft für Oberflächentechnik mbH Pieper Oberflächentechnik Hermsdorf GmbH ILB Industrielackierung Biedermann GmbH MBG Metallbeschichtung Gerstungen GmbH GalvanoTechnik Breitungen	Schmalkalden-Meiningen
Optik	Jenoptik Lasos Lasertechnik Layertec Carl Zeiss Optic Balzers asphericon GmbH	Jena
Elektrotechnik u. Datenverarbeitung	X-FAB Semiconductor Foundries AG Carl Zeiss Jena GmbH Siegert Thinfilm Technology GmbH POG Präzisionsoptik Gera GmbH	Erfurt, Jena
Herstellung von Glaswaren / Keramik	SCHOTT Technical Glass Solutions GmbH GBneuhaus GmbH Glaswerk Ernstthal GmbH j-fiber GmbH Kahla Thüringen Porzellan GmbH	Sonneberg, Jena

Tabelle 6: Regionale Schwerpunkte und bedeutsame Unternehmen von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen für einzelne Branchen

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

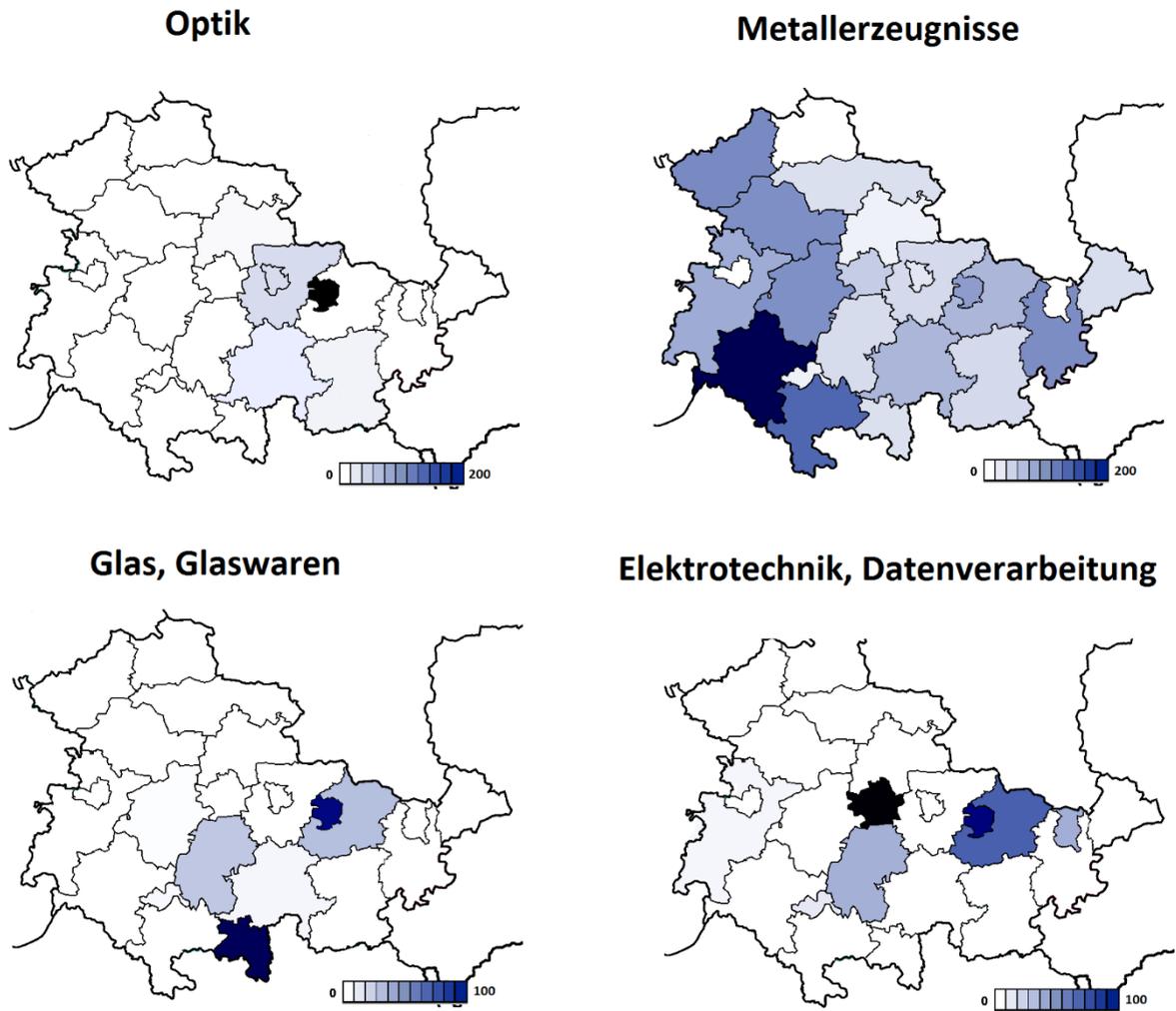


Abbildung 8: Regionale Verteilung der im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien tätigen Unternehmen Thüringens nach NUTS3-Regionen und Branchen: Anzahl der im Technologiefeld direkt Beschäftigten (2015)

Quelle: VDI TZ, Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen, Europäische Kommission, eigene Berechnungen

3.4.3 Wirtschaftliche Hebelwirkung

Über die direkten Beschäftigten- und Umsatzzahlen hinaus üben Grenz- und Oberflächentechnologien eine wesentliche wirtschaftliche Hebelwirkung auf weitere Branchen aus, vor allem im industriell verarbeitenden Gewerbe, wie dem Maschinen- und Automobilbau oder der Metall- und Kunststoffindustrie. In diesen Branchen werden wesentliche Produktfunktionalitäten oder Prozessschritte oftmals nur durch den Einsatz von Oberflächen- und Beschichtungstechnologien ermöglicht. Vor allem Innovationen werden in vielen Fällen durch neue Materialentwicklungen in Kombination mit Oberflächentechnologien generiert. Bis zu 70 Prozent aller neuen Produkte basieren Schätzungen zufolge heute auf neuen Werkstoffen und deren Modifikationen⁴.

Um die wirtschaftliche Hebelwirkung zu quantifizieren, wurde zum einen mit Hilfe der Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2015 eine Vernetzung der Grenz- und Oberflächentechnologien mit andere Branchen abgeschätzt. Hierbei sind etwa 3.010 Beschäftigte in Zulieferbetrieben in Deutschland von der Thüringer Grenz- und Oberflächentechnologie abhängig. Von diesen Beschäftigten arbeiten knapp 25 Prozent in der Metallindustrie. Aber auch der Großhandel stellt rund 7 Prozent aller Beschäftigten in Zuliefererbetriebe. Die Vorleistungen aller Produktionsbereiche werden auf etwa 219,45 Millionen Euro geschätzt. Zusammen mit einer Wertschöpfung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen von 309,73 Millionen Euro ergibt sich der Gesamtumsatz der Branche von 529,2 Millionen Euro.

Mit Hilfe der Input-Output-Rechnungen kann zudem quantifiziert werden, wohin die Güter aus den Grenz- und Oberflächentechnologien fließen. Der indirekte Beschäftigungseffekt für die abnehmenden Betriebe (also die Unternehmen, die mit Grenz- und Oberflächentechnologien bearbeitete Bauteile u. ä. für eigene Produkte nutzen) wird auf 2.940 Personen geschätzt. Wichtige Branchen sind dafür der Maschinenbau (13 Prozent), die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und elektronischen Erzeugnissen (11,9 Prozent), die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (11,8 Prozent) sowie Elektrische Ausrüstungen (5,1 Prozent)..

Da keine separate Input-Output-Rechnung für Thüringen existiert, kann durch diesen Ansatz jedoch noch nicht die direkte Abschätzung der Hebelwirkung auf den Wirtschaftsstandort Thüringen vorgenommen werden. Um eine allgemeinere Abschätzung dieser Hebelwirkung durchzuführen, wird die Einschätzung der Relevanz der Oberflächentechnologien für die aktuelle und künftige Branchenentwicklung den Wirtschaftsdaten (Beschäftigte, Umsatzzahlen sowie Exportquote) der jeweiligen Branche in Thüringen gegenübergestellt.

⁴ „Vom Material zur Innovation“, Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Januar 2015, https://www.bmbf.de/pub/Vom_Material_zur_Innovation.pdf

Branche	Beschäftigte	Umsatz (Mio. Euro)	Exportquote	Relevanz aktuell	Relevanz künftig	Relevanz Änderung
Optik	5196	608	54	4,7	4,9	0,2
Maschinenbau	24034	3076	40	4,0	4,2	0,2
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik	10386	1522	27	3,8	4,4	0,6
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	18382	4709	30	3,8	4,2	0,4
Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse	7188,5	5387	29	3,7	4,4	0,7
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	16006	3144	36	3,5	4,2	0,7
Textil	1984	215	36	3,3	3,8	0,5
Elektrotechnik	6770	2019	31	3,3	3,2	-0,1
Datenverarbeitungsgeräte, elektrische Geräte, Sensorik	12095	2284	35	2,6	3,5	0,9
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	1934	244	67	2,5	3,0	0,5
Holz / Möbel	3255	1001	21	2,5	2,6	0,1
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	4084	1000	48	2,3	2,9	0,6
Papier / Verlag / Druckgewerbe	7444	1732	21	2,1	2,4	0,3

Tabelle 7: Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für verschiedene Wirtschaftsbranchen sowie relevante Wirtschaftsdaten (Beschäftigten- und Umsatzzahlen, Exportquote) der jeweiligen Branche in Thüringen. (Fettdruck: Wert liegt unter den TOP 5), Angaben für das Jahr 2015

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, Bundesagentur für Arbeit, Thüringer Landesamt für Statistik, eigene Berechnungen

Hinsichtlich der Arbeitsplatzzahlen in Thüringen im verarbeitenden Gewerbe stellt die Metallindustrie mit Abstand die wichtigste Branche dar, gefolgt vom Maschinenbau, der Automobil- und Kunststoffindustrie sowie der Elektrotechnik. Die Exportquote ist in der pharmazeutischen und chemischen Industrie sowie in der Optik am höchsten. Ein weiterer wesentlicher Parameter im Sinne der Studie ist die künftige Änderung der Relevanz der Oberflächentechnologien in der jeweiligen Branche. Hier wird im Bereich der Herstellung von IKT-Geräten, inkl. Sensorik der größte Anstieg der Relevanz gesehen, gefolgt von der Kunststoff- und Metallindustrie sowie der Chemie und Glas/Keramik. Von den genannten Branchen sind folgende aufgrund einer TOP5-Platzierung in mindestens fünf Kategorien der oben aufgeführten Tabelle als besonders relevant zu bewerten:

- Maschinenbau
- Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse
- Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren

Betrachtet man die Branchen mit einer zukünftig sehr relevanten Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien (Durchschnitt > 4 bei einer Bewertungsskala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant) wird deutlich, dass eine potenzielle Hebelwirkung auf rund 100.000 Industriearbeitsplätze und einen Umsatz von über 18 Mrd. Euro besteht. Dies betrifft die Branchen Optik, Maschinenbau, Glas/Keramik, Kunststoffe, Metall und Automobilindustrie. Aber auch in anderen Industriebranchen, dem Bau- und Energiesektor sowie dem Handwerk üben Grenz- und Oberflächentechnologien als Schlüsseltechnologien für Produktinnovationen eine erhebliche Hebelwirkung aus.

Grafisch verdeutlicht werden die Ergebnisse der Tabelle in den folgenden Abbildungen. Das Blasendiagramm (Abbildung 12) zeigt die aktuelle und zukünftige durchschnittliche Relevanz für die Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen auf Basis der befragten Experteneinschätzungen. Die Größe der Kreise stellt die absolute Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in den jeweiligen Branchen in Thüringen dar. Der weiße Kreis oben links zeigt exemplarisch die Kreisgröße für 5.000 Beschäftigte.

Es zeigt sich, dass die Optik mit Abstand die höchste aktuelle und künftige Relevanz für die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen hat. Noch mehr Beschäftigte finden sich dabei im Maschinenbau, der Kunststoffindustrie, der Metallindustrie und der Glasindustrie. Diese Branchen haben ebenfalls eine relativ hohe Bedeutung für die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien.

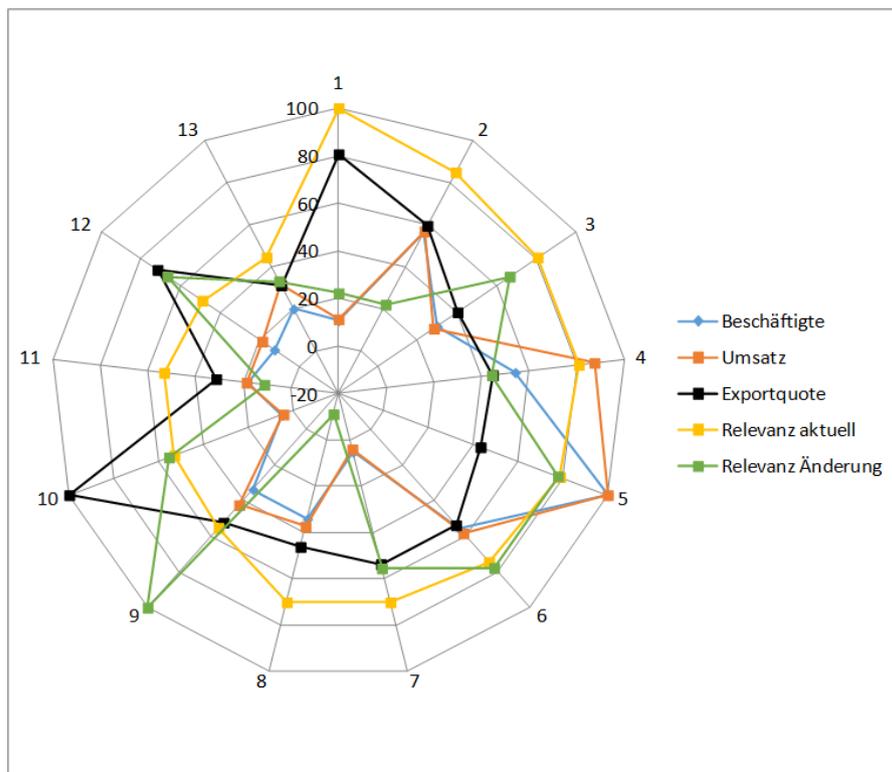


Abbildung 9: Darstellung der Einschätzung der Relevanz der Oberflächentechnologien für die aktuelle und künftige Branchenentwicklung sowie der jeweiligen Beschäftigten- und Umsatzzahlen und Exportquote der Branche in einem Netzdiagramm. (Angabe in Prozent des jeweils höchsten Wertes). Legende: 1 Optik, 2 Maschinenbau, 3 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, 4 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, 5 Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse, 6 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, 7 Textil, 8 Elektrotechnik, 9 Datenverarbeitungsgeräte, elektrische Geräte, Sensorik, 10 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, 11 Holz / Möbel, 12 Herstellung von chemischen Erzeugnissen, 13 Papier / Verlag / Druckgewerbe

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, Bundesagentur für Arbeit, Thüringer Landesamt für Statistik, eigene Darstellung

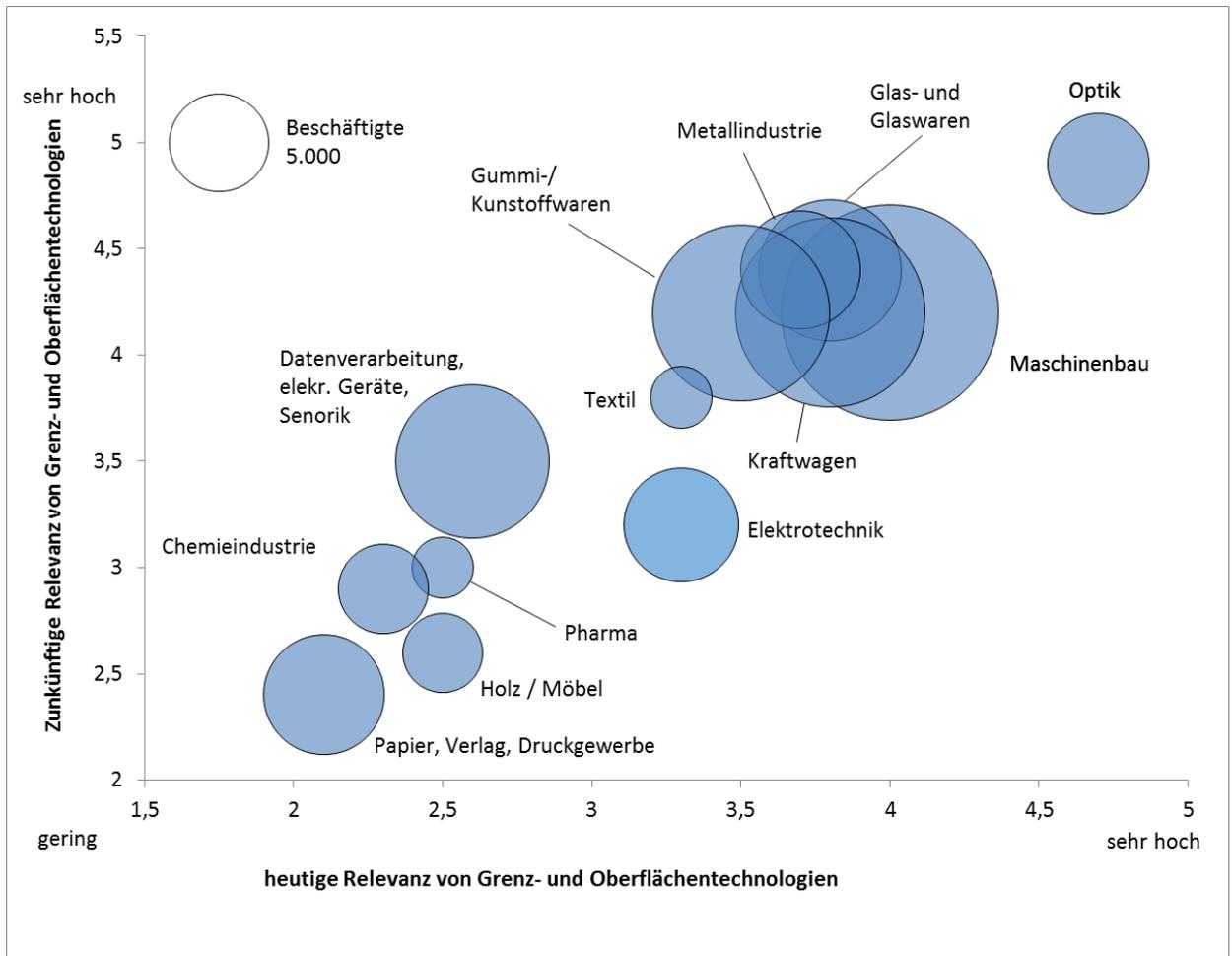


Abbildung 10: Darstellung der Einschätzung der Relevanz der Oberflächentechnologien für die aktuelle und künftige Branchenentwicklung auf Basis von Experteneinschätzungen (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte). Die Größe der Kreis stellt die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Thüringen innerhalb der Branche dar

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

Da Grenz- und Oberflächentechnologien eine Vielzahl von Anwendungen in unterschiedlichen Branchen betreffen bietet dieser Abschnitt zunächst einen Überblick. Die Beschreibungen basieren auf der Dokumentenanalyse und den Experteninterviews. Von den befragten Interviewpartnern wurden zum Teil auch qualitative Aussagen zur Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für die jeweilige Branche in Thüringen getroffen, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen

Grenz- und Oberflächentechnologien sind relevant für Fahrzeugkomponenten wie Motorenteile, Fahrwerk, Head-up Displays, Kameras etc. Speziell für die Elektromobilität werden Leichtbau-Verbundmaterialien benötigt, wobei Oberflächenfunktionalisierungen für die Endfestigkeit entscheidend sind. Ein weiteres Anwendungsfeld sind Textilien für den Fahrzeuginnenraum mit Touchpad- und Feedbackfunktionen sowie integrierten Lichteffekten. Die thüringische Automobilindustrie wird hier aber nur als verlängerte Werkbank der Automobilkonzerne betrachtet, auch wenn z.T. innovative

Beschichtungen (Zylinderinnenbeschichtung) gefertigt werden. Es sind geringe eigene FuE-Aktivitäten zu verzeichnen.

Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik

Glas ist als Basismaterial für die stark ausgeprägte Optik in Thüringen relevant, vor allem für Präzisionsgläser. Allerdings spiegelt Optik nicht unbedingt die Masse in Thüringen wider, Thüringen ist mehr als nur der Standort Jena. Laser gewinnen an Bedeutung für die Glasbearbeitung, wie Schneiden, Beschreiben und Prägen auf Glas. Im Bereich der Keramik gibt es zwei Membranhersteller in Thüringen, bei denen Schichten relevant sind. Dies gilt auch für biokompatible und antibakterielle Oberflächen bei Keramik-Implantaten.

Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse

Grenz- und Oberflächentechnologien spielen eine wichtige Rolle in der Metallindustrie bei Themen wie elektrische Isolierung, mechanischer Verschleißschutz oder Optimierung von Reibeigenschaften durch Plasmaspritzen. Der Korrosionsschutz mit dünnsten Schichten ist essentiell, speziell in den Herstellungsprozessen. Künftig werden Oberflächentechnologien auch wichtig beim 3D-Druck mit metallischen Materialien.

Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren

Die Kunststoffindustrie ist ein wichtiger Industriezweig für Thüringen. Oberflächenfunktionalisierungen werden dort als unterrepräsentiert im Vergleich zu Gesamtdeutschland eingeschätzt. In Kunststoffunternehmen in Thüringen läge der Fokus häufig auf Kosteneinsparungen, was Innovationen hemmen könnte. Generell spielen im Kunststoffbereich kratzfeste Oberflächen, UV-Schutz, easy-to-clean, Antireflex-Schichten eine Rolle, ebenso die wie für die Analytik beim Kleben. Weiterhin bei Verbundmaterialien wie Textilverstärkung für Reifencord, bei der eine permanente Haftung erforderlich ist. Hier kommen CCVD-Beschichtungen zum Einsatz. Von zentraler Bedeutung sind auch Enthftungsschichten beim Entformen von Kunststoffteilen im Herstellungsprozess.

Textil

Grenz- und Oberflächentechnologien werden künftig vor allem beim Thema intelligente Textilien relevant. In Thüringen gibt es auf diesem Gebiet renommierte Forschungseinrichtungen, die das Thema technische Textilien und moderne Funktionskleidung forschungsseitig sowie im Rahmen von Ausgründungen zum Teil auch kommerziell vorantreiben.

Elektrotechnik

Die Elektrotechnik betrifft einige Unternehmen im Bereich der Sensorherstellung, die in Thüringen stark vertreten ist (Sensor-Land). Dazu gehören auch die Partner der Allianz 3Dsensation, die das Ziel verfolgt, die Interaktion von Mensch und Maschine grundlegend zu verändern. Ziel ist die interdisziplinäre Zusammenführung von Kompetenzen der Optik/Photonik, IT/Softwaretechnik und Elektronik mit Kompetenzen in den Bereichen Design, Neuro-, Kognitions- und Arbeitswissenschaften. Koordiniert wird dies durch eine in Thüringen ansässige Forschungseinrichtung und viele Partner aus Thüringen gehören dazu.

Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen

Ähnlich wie in der Chemie besitzt Thüringen wenig Unternehmen in der Pharmabranche. Die ansässigen Unternehmen sind eher verlängerte Werkbänke der in anderen Bundesländern oder im Ausland

angesiedelten Zentralen. In der Pharmabranche spielen Edelstahloberflächen bei Apparaturen sowie Spezialoberflächen eine Rolle, ebenso wie in der Diagnostik, z.B. für Gensequenzanalysen.

Herstellung von chemischen Erzeugnissen

In Thüringen spielt die chemische Industrie eine eher untergeordnete Rolle. Bei den vorhandenen Unternehmen haben Grenz- und Oberflächentechnologien wenig Bedeutung. Etwas Potenzial wird in Richtung keramischer Membranreaktoren gesehen, bei der eine Kombination aus Stofftrennung und Katalyse angestrebt wird. Hierzu laufen erste Projekte unter Beteiligung thüringischer Institute. Für Oberflächenfunktionalisierungen chemischer Apparaturen werden Grenz- und Oberflächentechnologien als wichtig eingeschätzt, künftig auch für die Überwachung von Prozessen.

Holz / Möbel

Im Bereich Möbel wird einiges in Richtung Oberflächenvorbehandlung und Versiegelung gemacht. Die Bedeutung von Holz als Werkstoff nimmt zu. Zu den Oberflächentechnologien zählen auch Textilüberzüge für Möbel.

Baumaterialien

Grenz- und Oberflächentechnologien spielen bei der Versiegelung von Bauprodukten, z.B. zementgebundene Platten, eine wichtige Rolle. In Thüringen werden verschiedene Forschungsansätze vorangetrieben wie photokatalytische Schichten, Antigrffiti-Schichten oder textile Heizungen für Gebäude.

Papier / Verlag / Druckgewerbe

Grenz- und Oberflächentechnologien sind für Spezialpapier relevant. Allerdings ist die Branche in Thüringen nicht stark vertreten.

Energieversorgung

Grenz- und Oberflächentechnologien spielen für Technologieentwicklungen, die im Zuge der Energiewende vorangetrieben werden, eine entscheidende Rolle. Dazu zählt die Entwicklung von Batterie- und Solarzellen, Brennstoffzellen, Windkraftanlagen sowie die elektro- und photochemische Wasserstoffherzeugung. Der Energiesektor ist derzeit wenig ausgeprägt in Thüringen, könnte aber künftig an Relevanz gewinnen.

3.5 Kooperationsbeziehungen und Wettbewerbssituation

Die befragten Unternehmen besitzen zumeist bestehende Kooperationen zu Forschungseinrichtungen und Netzwerken in Thüringen, aber natürlich auch überregional. Dies geschieht entweder im Rahmen geförderter Projekte, kann aber häufig auch durch die jeweilige FuE-Fragestellung getrieben sein. Forschungsk Kooperationen zu anderen industriellen Partnern bestehen hingegen nur gelegentlich. Die regionale Verteilung der Kooperationspartner wird eher durch die räumliche Nähe dominiert. Viele der angegebenen Kooperationspartner sitzen in Thüringen oder benachbarten Bundesländern. Zu einem geringeren Anteil bestehen Kooperationen innerhalb der EU oder weltweit.

Alle befragten Forschungseinrichtungen haben bestehende FuE-Kooperationen zu anderen Forschungseinrichtungen, d.h. Universitäten und Instituten. Dabei nehmen Kooperationen im Raum Jena eine dominante Stelle ein. Weitere Kooperations Schwerpunkte sind in Erfurt, Schmalkalden, Hermsdorf und Ilmenau gegeben. Des Weiteren bestehen auch bei allen Befragten FuE-Kooperationen zu Clustern und Netzwerken, wobei diese in der Regel themenbezogen sind. FuE-Kooperationen zur Industrie bestehen

ebenfalls im Regelfall. Das differenziert sich aber noch nach Art der Forschungseinrichtung. So sind z.B. Fraunhofer-Institute „industriellastiger“ aufgestellt als Universitäten und Hochschulen. Die regionale Verteilung der Kooperationspartner muss differenziert betrachtet werden: Viele der befragten Forschungseinrichtungen geben hier Thüringen an erster Stelle an, gefolgt von Kooperationen in Deutschland. Bei einigen spielt Thüringen eher eine untergeordnete Rolle (20 Prozent).

Wichtige Forschungsinstitutionen außerhalb Thüringens im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien sind Braunschweig, Dresden und Hannover (alle drei mit den häufigsten Nennungen), gefolgt von Stuttgart, Aachen und Würzburg. Darüber hinaus werden erwähnt: Wetzlar, Greifswald, Chemnitz, Aalen, Schwäbisch Gmünd, München und Clausthal-Zellerfeld. Generell gibt es in Deutschland sehr viele Arbeiten zur Oberflächentechnik bei der Max-Planck-Gesellschaft und an Fraunhofer-Instituten. In Europa bzw. weltweit sind das Frankreich (vor allem das Gebiet der Optik), Japan, USA sowie China und Korea.

Die Wettbewerbssituation für die befragten Unternehmen ist sehr heterogen. Während im Bereich der optischen Technologien bzw. der Photonik ein klarer regionaler Fokus auf Jena, dem deutschen Hauptstandort neben Oberkochen und Wetzlar liegt und die deutsche Szene insgesamt weltweit eine führende Position einnimmt, zeichnet sich für viele andere Unternehmen der Grenz- und Oberflächentechnologien ein anderes Bild ab.

Es kann eingeschätzt werden, dass Thüringen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien allgemein eine Position im vorderen Mittelfeld einnimmt. Andere starke Regionen in Deutschland sind Bayern, Sachsen und Baden-Württemberg. Bayern und Sachsen besitzen eine breit aufgestellte Fachszene über die gesamte Wertschöpfungskette bei sehr vielen Anwendungsbereichen. In Baden-Württemberg besteht die sehr gute Position vor allem in den Branchen der Automobilindustrie und der Medizintechnik. In den Branchen Gesundheit sowie Medizintechnik hat Thüringen im Vergleich zu den anderen Bundesländern eine schwächere Position. Im Bereich der klassischen Lohnbeschichter ist ein Rückgang der KMU zu beobachten, die zunehmend durch Großunternehmen aufgekauft werden.

In Deutschland gibt es die meisten Wettbewerber in diesen Technologien in Bayern, Sachsen und Baden-Württemberg. Hinzu kommen noch lokale Standorte in Hessen und Niedersachsen. Im internationalen Umfeld ist dies hingegen stark branchenabhängig. Wichtige Regionen sind dabei die USA und Japan, teilweise auch Frankreich, Österreich, Liechtenstein, Schweiz, England, Italien und Niederlande.

Hinsichtlich der FuE-Position nimmt Thüringen im regionalen Vergleich im Bereich der optischen Technologien bzw. Photonik eine führende Position ein. Dies gilt innerhalb Deutschlands, bis auf Oberkochen und Wetzlar, aber auch international. Im Bereich Medizintechnik ist die FuE-Position Thüringens ausbaufähig und etwas schwächer einzuschätzen, als die gesamtdeutsche Position. Im Bereich Elektrochemie ist die FuE-Position Thüringens, sowie auch die gesamtdeutsche Position vergleichsweise stark.

Es bietet sich an, gerade mit Sachsen verstärkt Beziehungen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien aufzubauen. Dafür sprechen sowohl die Anwendungsbreite in Sachsen als auch die räumliche Nähe. Hierbei könnte die Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS) mit Sitz in Dresden eine wichtige Rolle spielen. Dort sind sehr viele sächsische Unternehmen und Forschungseinrichtungen Mitglied, aber auch sieben Firmen und Institute aus Thüringen.

4. Status quo und Entwicklungsperspektiven der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

4.1 Verfahren, Trends und Treiber der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

Um ein aktuelles Bild der Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien für die thüringische Forschungsszene und die Wirtschaft zu ermitteln, wurden führende Institutionen und Unternehmen der Oberflächentechnik in Thüringen in Bezug auf die Relevanz verschiedener technologischer und anwendungsbezogener Trends für die eigene Institution bzw. Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt befragt. Die Oberflächentrends orientierten sich hierbei an der Thüringer Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ aus dem Jahr 2007, um einen Vergleich mit den damaligen Ergebnissen und der Entwicklung in den letzten zehn Jahren zu ermöglichen. In der vorliegenden Studie wurden weitere aktuelle Oberflächenthemen sowie gesellschaftliche Megatrends, die einen Bezug zu Grenz- und Oberflächentechnologien aufweisen, ergänzt. Die abgefragten Verfahren und Trends sind nachfolgend zusammengefasst.

Verfahren:

- CVD
- PVD
- Laser-Verfahren
- Galvanotechnik
- Sol-Gel-Verfahren
- Tauch-/Spritzverfahren
- ALD
- Pulverbeschichtungsverfahren

Technologische Trends:

- Aktive Schichten (z.B. Photokatalyse, Selbstreinigung)
- Anti-adhäsive Schichten (z.B. für Entformbarkeit, Reinigung)
- Funktionsschichten mit Strukturen zur Eigenschaftsoptimierung
- Selbstheilende Schichten (aktive und passive Regeneration)
- Schaltbare Schichten mit reversiblen Eigenschaftsänderungen
- Simulation von Oberflächeneigenschaften
- Simulation von Beschichtungsprozessen
- Hybride Schichten (Materialkombinationen, Gradienten)
- Biofunktionale Schichten, auch antimikrobielle Schichten
- Diagnostische/therapeutische Schichten
- Bionische Beschichtungen
- Klebetechniken/Folierung

Materialtrends:

- Multimaterialsysteme (neue Materialkombinationen und Fügeprozesse)
- 2D-Materialien (z.B. Graphen)
- Biomaterialien/ nachwachsende Rohstoffe
- Druckbare Elektronik (z.B. Drucktinten, organische Halbleiter)

Anwendungsbezogene Trends:

- Green Energy (z.B. Energiespeicher und -wandler)
- Ressourceneffizienz (Haltbarkeit, Materialeinsparung, Leichtbau)
- Gesundheit (z.B. biokompatible Implantate, antibakteriell)
- Robotik/Industrie 4.0 (z.B. Sensorik, Aktorik, taktile Oberflächen)
- Digitalisierung
- Sicherheit (z.B. Zustandsmonitoring von Bauteilen)
- Ersatz toxischer Stoffe (z.B. Cr (VI), Cadmium, Lösemittel)
- Generative Fertigung / Losgröße 1

4.1.1 Bedeutung verschiedener Verfahren der Grenz- und Oberflächentechnologien

Die Bedeutung verschiedener Verfahren der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen wurde in Interviews mit 24 Kompetenzträgern von Industrie und Forschungseinrichtungen aus Thüringen bewertet. Dabei wurden die Beschichtungsverfahren in größere klassische Kategorien unterteilt, um eine zu hohe Kleinteiligkeit auf Grund vieler spezieller untergeordneter Verfahren zu vermeiden. Einzige Ausnahme hier ist die ALD (Atomlagenabscheidung, englisch: atomic layer deposition), welche ein stark verändertes CVD-Verfahren ist. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde das Lackieren nicht mit berücksichtigt. Die Interviewpartner wurden aufgefordert, eine quantitative Einschätzung auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant) abzugeben sowie ggf. weitere Verfahren zu benennen. Da es nur eine zusätzliche Nennung eines weiteren Verfahrens gab, wurde dieser Punkt in den Auswertungen nicht berücksichtigt. Für die Auswertung wurden jeweils die Durchschnittswerte der Einschätzungen aus den Interviews herangezogen.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der thüringischen Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ aus dem Jahr 2007 ist nicht möglich, da in der früheren Studie keine Abfrage bzgl. der Verfahren der Grenz- und Oberflächentechnologien gemacht wurde.

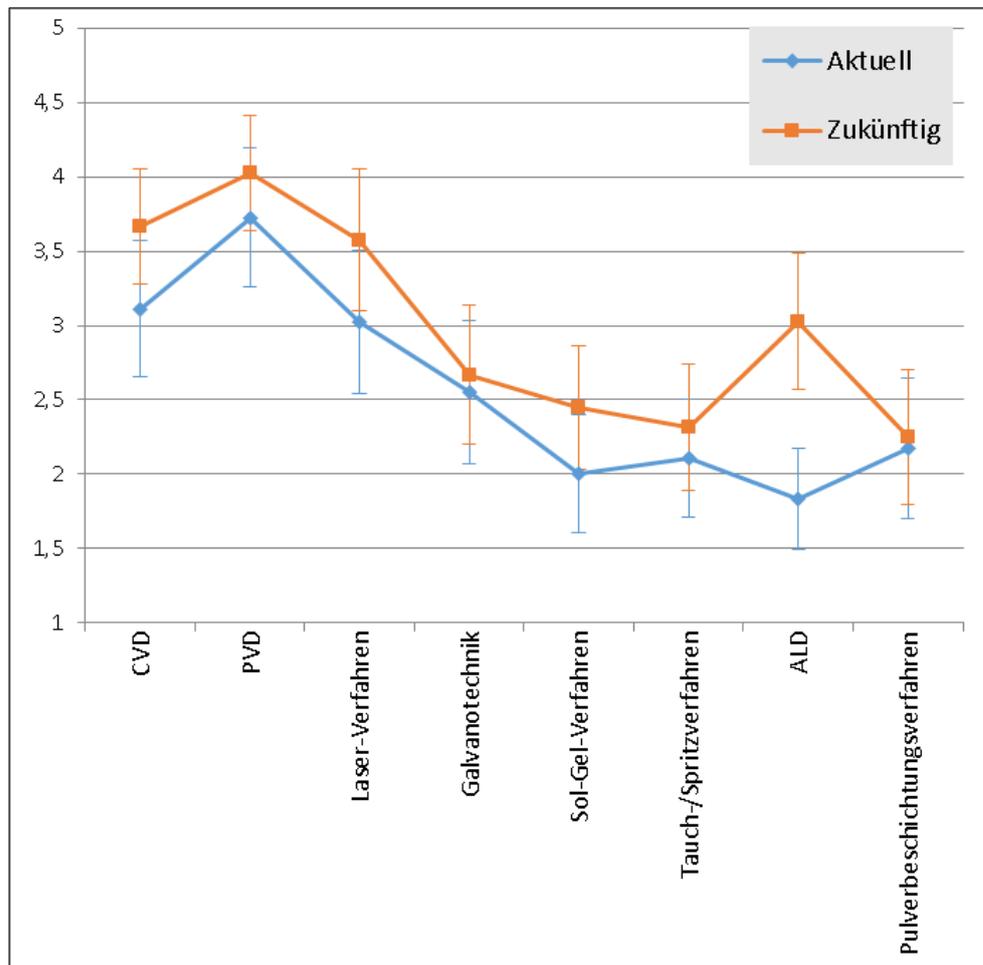


Abbildung 11: Einschätzung der Relevanz verschiedener Beschichtungsverfahren durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell und zukünftig. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, 80%-Konfidenzbänder, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Sowohl die Industrieunternehmen als auch die Forschungseinrichtungen schätzen ein, dass Grenz- und Oberflächentechnologien in fast allen Prozessen eine wichtige Rolle spielen. Diese wird für alle betrachteten Beschichtungsverfahren zukünftig weiter wachsen.

Erwartungsgemäß unterscheidet sich die Einschätzung zwischen den Unternehmen und Forschungsinstituten. Unternehmen berücksichtigen im Unterschied zu den Forschungsinstituten nicht nur die sehr grundlagennahe Forschung sondern auch die sich daran anschließende Entwicklung bis zu dem Zeitpunkt, wenn ein Verfahren in die Produktion eingeführt werden kann. Hinzu kommt, dass sich auch danach noch eine Notwendigkeit für kleinere, aber für das Unternehmen wichtige Entwicklungen ergeben kann, die dringend einer Lösung bedürfen. Das zeigt sich im Vergleich der zukünftigen Einschätzung der Beschichtungsverfahren.

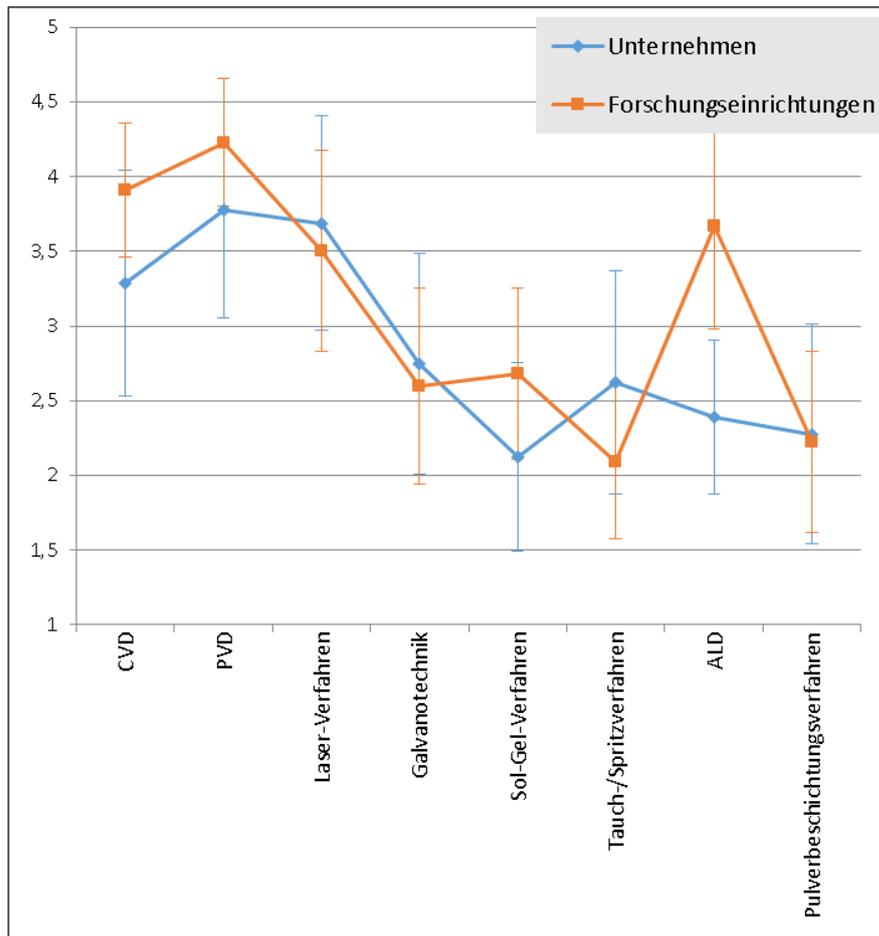


Abbildung 12: Vergleich der zukünftigen Relevanz verschiedener Beschichtungsverfahren aus Sicht der Unternehmen und Forschungseinrichtungen. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, 80 %-Konfidenzbänder, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Bei Laser-Verfahren und in der Galvanotechnik gibt es eine sehr gute Übereinstimmung. Die Unterschiede bei CVD, PVD, Sol-Gel-Verfahren sowie Pulverbeschichtungsverfahren sind normal und entsprechen dem üblichen FuE-Stand zwischen Industrie und Forschung. Der große Unterschied bei ALD ergibt sich aus den derzeit weltweiten Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet, was auch von den thüringischen Instituten erkannt und entsprechend erforscht wird. Gegenwärtige Einschätzungen sehen den zukünftigen Einsatz dieses Verfahrens vor allem im Optikbereich. Im Gegensatz dazu werden die Tauch-/Spritzverfahren seitens der Forschungsinstitute wahrscheinlich zukünftig nicht so viel Aufmerksamkeit bekommen wie durch die Industrie. Zusammengefasst ergibt sich folgende Situation:

- Diese Technologien betreffen heute und auch in Zukunft das Kerngeschäft für viele Unternehmen in Thüringen.
- Aus industrieller Sicht werden in Zukunft FuE-Aktivitäten bei allen betrachteten Beschichtungsverfahren gefordert.
- Die Forschungseinrichtungen Thüringens sollten auch in Zukunft auf alle Verfahren der Grenz- und Oberflächentechnologien ausgerichtet sein.

4.1.2 Technologische Trends der Oberflächenbeschichtung

Für die Einschätzung der technologischen Trends der Oberflächenbeschichtung in Thüringen wurden die Ergebnisse der Interviews mit 24 Kompetenzträgern der Grenz- und Oberflächentechnologien aus der thüringischen Industrie und Forschungsszene herangezogen. Da die einzelnen Oberflächentrends in den Interviewleitfäden relativ allgemein formuliert waren und teilweise nicht exakt voneinander abgrenzbar sind, wurden in den Interviews jeweils einige Beispiele zur Verdeutlichung benannt. Die Interviewpartner wurden aufgefordert eine quantitative Einschätzung auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant) abzugeben sowie ggf. erläuternde qualitative Aussagen zur Erläuterung des jeweiligen Zusammenhanges. Für die Auswertung wurden jeweils die Durchschnittswerte der Einschätzungen aus den Interviews herangezogen.

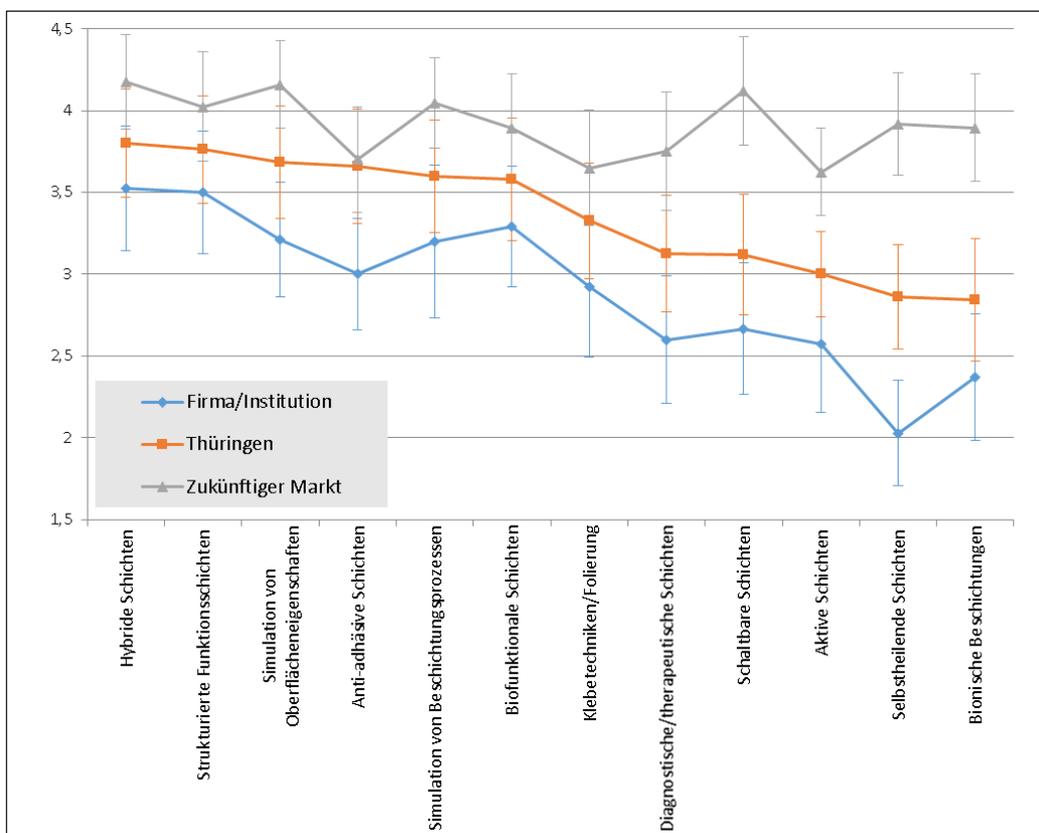


Abbildung 13: Einschätzung der Relevanz verschiedener Oberflächentrends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, 80%-Konfidenzbänder, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Bezogen auf die Durchschnittswerte der Einschätzungen zählen zu den Top5-Oberflächentrends in Thüringen:

1. Hybride Schichten
2. Strukturierte Funktionsschichten
3. Simulation von Oberflächeneigenschaften
4. Anti-adhäsive Schichten
5. Simulation von Beschichtungsprozessen und biofunktionale Schichten

Bei allen abgefragten Oberflächentrends wird zukünftig für den Gesamtmarkt eine wachsende Bedeutung prognostiziert. Lediglich beim Thema Antihafschichten, das in Thüringen vor allem wegen der starken Kunststoffindustrie von hoher Relevanz ist, wird eine ungefähr gleichbleibende Relevanz im Vergleich zum Status quo angenommen. Die Bewertung der Relevanz für die eigene Institution bzw. für das eigene Unternehmen liegt erwartungsgemäß im Durchschnitt deutlich unter der Bedeutung für Thüringen. Aufgrund der Breite des Themenspektrums und der unterschiedlichen Forschungsprofile der befragten Akteure ist der Durchschnittswert hier auch nur bedingt aussagekräftig. Relevanter ist hier die Einschätzung, wie viele der Akteure den jeweiligen Trend als sehr relevant für das eigene Unternehmen bzw. die eigene Institution einschätzen.

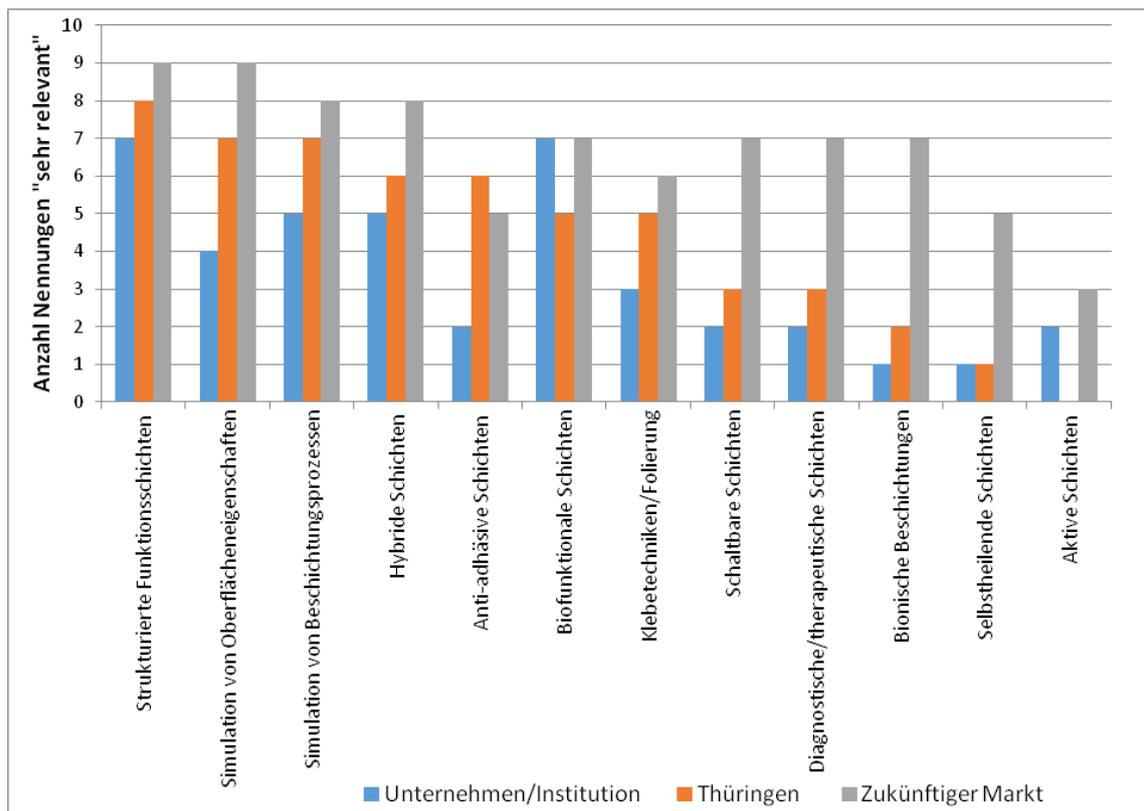


Abbildung 14: Von thüringischen Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik als sehr relevant eingeschätzte Oberflächentrends aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt. (n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Diesbezüglich ergibt sich folgende Rangliste der Oberflächentrends:

1. Strukturierte Funktionsschichten und biofunktionale Schichten (jeweils 7 Nennungen)
3. Hybride Schichten und Simulation von Beschichtungsprozessen (jeweils 5 Nennungen)
5. Simulation von Oberflächeneigenschaften (4 Nennungen)

Im Vergleich zur Durchschnittswertung sind leichte Verschiebungen im Ranking der Oberflächentrends zu verzeichnen. Bei den befragten Unternehmen und Institutionen spielen vor allem die strukturierten Funktionsschichten sowie die biofunktionalen Schichten eine sehr relevante Rolle. Näher betrachtet wird in einer weiteren Darstellung die Differenz zwischen der Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des Gesamtmarktes und der Relevanz für Thüringen. Eine große Differenz signalisiert hier, dass Thüringen in den jeweiligen relevanten Oberflächentrends wenige Aktivitäten aufweist bzw. nur unterdurchschnittlich positioniert ist. Diese Themen sollten dahingehend beobachtet werden, ob hier die FuE-Intensität künftig erhöht werden könnte. Zu den fünf Trends mit den höchsten Differenzen zählen:

- Selbstheilende Schichten
- Bionische Beschichtungen
- Schaltbare Schichten
- Diagnostische/therapeutische Schichten
- Aktive Schichten

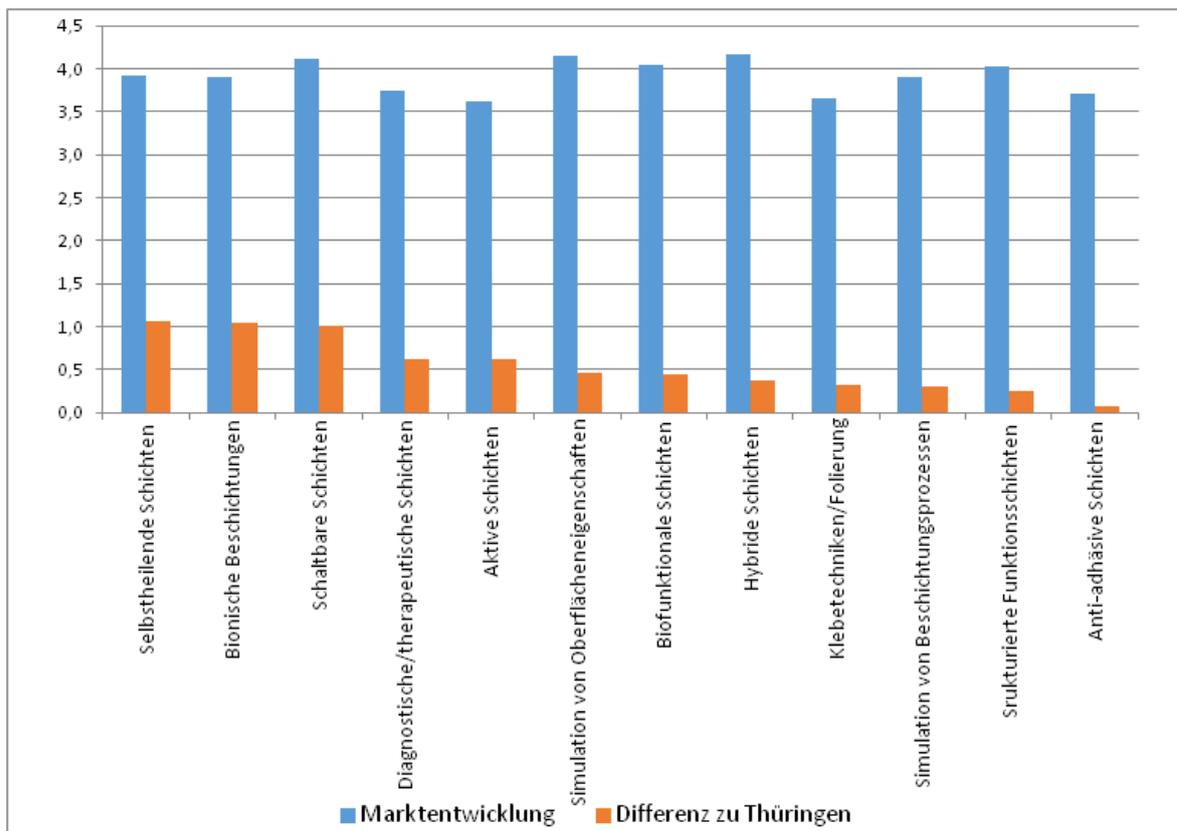


Abbildung 15: Relevanz von Oberflächentrends für den zukünftigen Gesamtmarkt und Differenz zur Relevanz für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

In einer weiteren Darstellung werden die Bewertungen der verschiedenen Oberflächentrends in einer Matrix dargestellt. Die roten Linien repräsentieren hierbei die Durchschnittswerte der Bewertungen aller Oberflächentrends hinsichtlich der zukünftigen Marktentwicklung sowie der Bedeutung für Thüringen.

Die in nachfolgender Matrix rechts oben dargestellten Trends haben demnach für die weitere Entwicklung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen eine besonders hohe Relevanz:

- Hybride Schichten
- Strukturierte Funktionsschichten
- Simulation von Oberflächeneigenschaften
- Biofunktionale Schichten

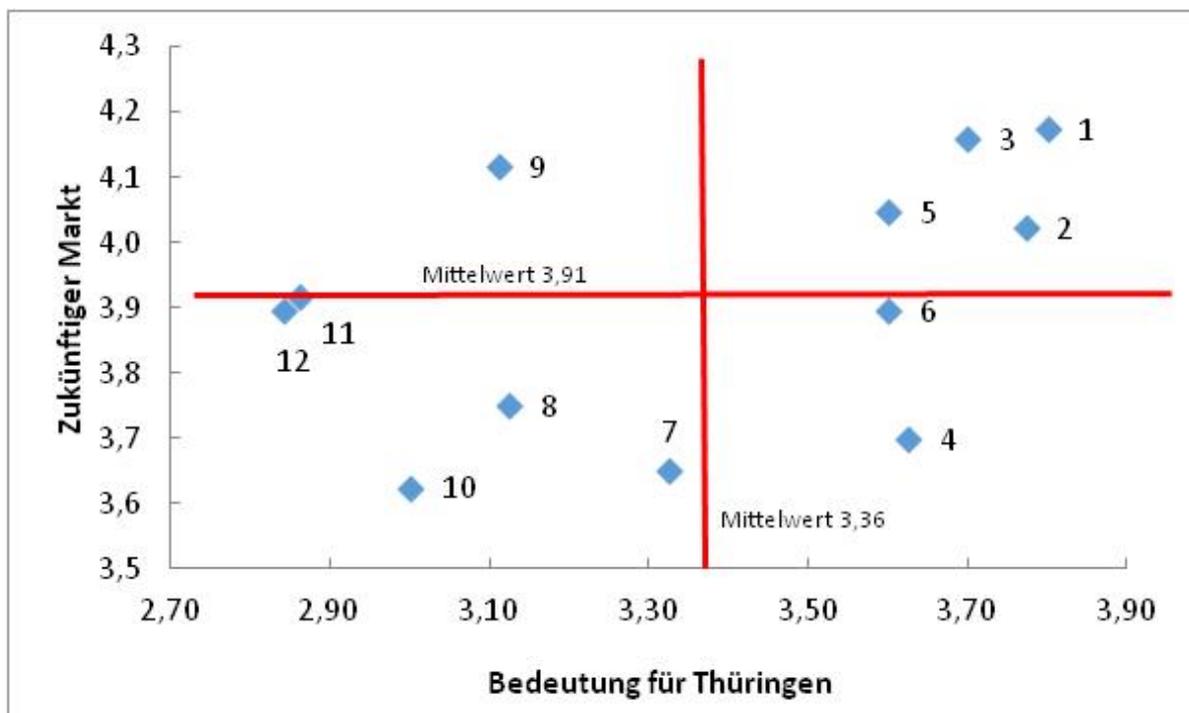


Abbildung 16: Relevanz von Oberflächentrends für den zukünftigen Gesamtmarkt und für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24), Zahlenlegende: 1: Hybride Schichten, 2: Strukturierte Funktionsschichten, 3: Simulation von Oberflächeneigenschaften, 4: Anti-adhäsive Schichten, 5: Biofunktionale Schichten, 6: Simulation von Beschichtungsprozessen, 7: Klebtechniken/Folierung, 8: Diagnostische/therapeutische Schichten, 9: Schaltbare Schichten, 10: Aktive Schichten, 11: Selbstheilende Schichten; 12: Bionische Beschichtungen

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Neben der quantitativen Einschätzung wurden von den befragten Interviewpartnern zum Teil auch qualitative Aussagen zur Relevanz des jeweiligen Oberflächentrends getroffen, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Aktive Schichten

Unter aktiven Schichten werden im Rahmen der Studie vor allem chemisch aktive Schichten verstanden, z.B. bei der Energietechnik im Bereich der Photokatalyse oder bezüglich des Einstellens der Oberflächenenergie bzw. der Haftungseigenschaften des beschichteten Substrates. Als weitere wichtige Funktionalitäten wurden die Verbesserung der Barriereigenschaften, der Brandschutz sowie der Korrosionsschutz beispielsweise auch für die Glasindustrie genannt. Eine hohe Bedeutung kommt der Verbesserung von Haftungseigenschaften von Substraten zu, um eine ausreichende Bindung nachfolgender Oberflächenfunktionalisierungen wie Lackierungen oder mechanischen Schutzschichten auf dem Substrat zu erreichen. Der Selbstreinigung kommt als Ersatz herkömmlicher Teflonbeschichtungen große Bedeutung für Textilien zu. Photokatalytische Beschichtungen spielen hierbei eine geringere Rolle als mikro-/nanostrukturierte siliziumorganische Beschichtungen, mit denen ein Selbstreinigungseffekt entsprechend dem Lotuseffekt erzielt werden kann.

Anti-adhäsive Schichten (z.B. für Entformbarkeit, Reinigung)

Anti-adhäsive Schichten sind vor allem für die in Thüringen stark vertretene Kunststoffindustrie relevant, die das Entformen von Kunststoffteilen aus Spritzgussformen erleichtern, beispielsweise für Gehäuseteile von Medizintechnikprodukten und -geräten. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei auch die Möglichkeit des Entschichtens bzw. des Wiederbeschichtens von Bauteilen. Für die eigenen Aktivitäten der befragten Akteure haben Antiadhäsionsschichten allerdings nur in wenigen Fällen eine hohe Relevanz.

Funktionsschichten mit Strukturen zur Eigenschaftsoptimierung

Funktionsschichten mit Strukturen zur Eigenschaftsoptimierung sind vor allem für die optische Industrie von Interesse, wie z.B. bei der Herstellung optischer Gitter durch Laserstrukturierung. Auch in der Textilindustrie spielen strukturierte Schichten bei der Herstellung elektronischer Funktionen auf Textilien („Smart Clothes“) eine Rolle. Hierbei soll gewährleistet werden, dass nur ein strukturierter partieller Auftrag entsprechender leitfähiger oder magnetischer Materialien auf dem Textilgewebe erzeugt wird. Angestrebt wird hier eine Strukturierung elektrischer Funktionen von Garnen bis in den μm -Bereich. Allerdings mangelt es derzeit noch an Knickbruchstabilität für alltagstaugliche Anwendungen.

Selbstheilende Schichten (aktive und passive Regeneration)

Selbstheilende Schichten weisen derzeit noch eine untergeordnete Rolle in Thüringen auf. In einigen Bereichen der Forschung wird daran gearbeitet. In der Elektrochemie existieren bereits Lösungen für selbstpassivierende Elektrodenbeschichtungen aus Platin/Titan-Legierungen, die sich bei Verletzung der Schicht durch Oxidation von Titan zu Titandioxid unter Funktionserhalt selbst passivieren und somit korrosionsstabiler sind.

Schaltbare Schichten mit reversiblen Eigenschaftsänderungen

Schaltbare optische Eigenschaften für Smart Windows sind als Gesamtmarkt sehr wichtig. Allerdings gibt es derzeit noch keine kosteneffizienten Lösungen. In Thüringen ist zudem die industrielle Herstellung von Spezialgläsern nicht sehr stark ausgeprägt.

Simulation von Oberflächeneigenschaften und Beschichtungsprozessen

Generell spielt die Simulation von Eigenschaften und Prozessen in der Beschichtungstechnik eine wachsende Rolle. Der Trend wird befördert durch immer größere Rechnerkapazitäten und leistungsfähigere Simulationsmodelle sowie durch die Tatsache, dass herkömmliche Trail-and-error-Ansätze in der Forschung zunehmend an Grenzen stoßen. In einigen Fällen ist die Korrelation zwischen Simulation und Experiment allerdings noch verbesserungswürdig. Eingesetzt werden Simulationen beispielsweise bei der Analyse von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, molekulardynamischen Prozessen wie dem Stofftransport durch Membranen oder bei der Prognose von mechanischen Eigenschaften von Substrat/Schichtverbänden. Speziell in der optischen Industrie findet die Simulationstechnik breite Anwendung. Gerade für hochpreisige und in kleiner Stückzahl hergestellte Optikkomponenten wurden frühzeitig Simulationsrechnungen angestellt, um eine sehr hohe Qualität mit passgenauen Eigenschaften zu liefern.

Hybride Schichten (Materialkombinationen, Gradienten)

Hybridschichten werden von den meisten Interviewpartnern als klarer Zukunftstrend eingeschätzt, ohne im Detail auf spezifische Lösungen einzugehen. Die Kombination verschiedener Verfahren und Materialien zu Hybridschichten sind entscheidend, um multifunktionale Eigenschaften auf Oberflächen u. a. für die Sensorik oder Datenverarbeitung zu erzeugen.

Biofunktionale Schichten, auch antimikrobielle Schichten

Biofunktionale Schichten haben in Thüringen vor allem in der Medizintechnik eine wachsende Bedeutung. Die Biokompatibilität und die Keimfreiheit von Oberflächen spielt in der Medizintechnik eine immer größere Rolle. Dies gilt zum Teil auch für die Labordiagnostik z.B. bei der antibakteriellen Ausrüstung von Pipettierautomaten. Bei Anwendungen für Inkubationsprozesse sind Lösungen auf Nanosilberbasis zum Patent angemeldet. Problematisch in der Medizintechnik sind allerdings die Anforderungen in Bezug auf die Zulassung, an denen speziell KMU bei der Entwicklung eigener Lösungen oftmals scheitern. Ein Trend ist hier die Naturstoffeinlagerung in Schichtsysteme (z.B. Weihrauch).

Diagnostische/therapeutische Schichten

Diagnostische und therapeutische Schichten beispielsweise bei der Einstellung der Benetzbarkeit oder der Biofunktionalisierung von Mikroarrays und Lab-on-a-chip-Systemen sowie dem Einsatz von Drug-Release-Schichten bei Implantaten spielen in Thüringen nur eine untergeordnete Rolle. Bei Bedarf werden derartige Lösungen von den befragten Akteuren durch externe Quellen zugekauft.

Bionische Beschichtungen

Bionischen Beschichtungen wird in Thüringen eher eine geringere Rolle zugemessen, da Anwendungen hierzu eher in anderen Regionen entwickelt werden. Das Marktpotenzial für Beschichtungslösungen, die Prinzipien aus der Natur nachempfunden sind, wie beispielsweise der Lotus-Effekt (Selbstreinigung) oder der Mottenaugeneffekt (Entspiegelung), wird insgesamt als hoch eingeschätzt.

Klebertechniken/Folierung

Klebertechniken und Folierung werden in vielen Branchen und Unternehmen genutzt. Im Medizintechnikbereich werden Displays und Geräte beispielsweise mit Folien antibakteriell ausgestattet. Bei medizinisch zugelassen Displays bestehen hohe Anforderungen in Richtung Keimfreiheit und Desinfizierbarkeit.

4.1.3 Bezug zur Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ und zu internationalen Marktstudien

Die Ergebnisse der Befragung der thüringischen Experten der Oberflächentechnologien werden im Folgenden in Bezug gesetzt zu den Ergebnissen der thüringischen Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ aus dem Jahr 2007 sowie ausgewählten internationalen Marktstudien.

In der Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ wurden Experten in Deutschland und z.T. im europäischen Ausland bezüglich relevanter Trends der Oberflächentechnologien befragt. In der damaligen Studie wurden als relevanteste Trends Funktionsschichten mit definierter Morphologie gefolgt von antiadhäsiven Schichten und aktiven Schichten eingeschätzt. Mit den Themen schaltbare Schichten und Simulation von Oberflächeneigenschaften beschäftigten sich nur rund 10 Prozent der befragten Akteure und mit dem Thema selbstheilende Schichten nur rund 5 Prozent. Diese Trends spiegeln sich zum Teil in den Ergebnissen der aktuellen Studie wieder. Nach wie vor zählen strukturierte Funktionsschichten und antiadhäsive Schichten zu den relevantesten Oberflächentrends. Das Thema Simulation von Oberflächeneigenschaften hat im Vergleich zur 2007er Studie allerdings deutlich an Bedeutung zugenommen, nicht zuletzt aufgrund der deutlich verbesserten DV-technischen Voraussetzungen hierzu. Dem Thema selbstheilende Schichten wird derzeit weiterhin eine eher geringe praktische Relevanz beigemessen allerdings mit Potenzial für die Zukunft. Zu betonen ist allerdings, dass aufgrund unterschiedlicher Methodiken der Studien keine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse zulässig ist. Ein wesentlicher Unterschied liegt darin, dass die vorliegende Studie auf Experteneinschätzungen aus Thüringen fokussiert und dementsprechend die thüringische Perspektive repräsentiert, während die 2007er Studie allgemeiner gefasst war.

Weiterhin sollen die Ergebnisse in Bezug zu internationalen Marktstudien gesetzt werden, um die Bewertung aus thüringischer Perspektive in den Kontext globaler Marktentwicklungen zu setzen. Aus verschiedenen Marktprognosen wird deutlich, dass Beschichtungslösungen generell eine wachsende Bedeutung zugemessen wird. In allen in nachfolgender Tabelle zusammengestellten Marktsegmenten wird ein langfristiges dynamisches Wachstum mit jährlichen Steigerungsraten zwischen 5 und 12 Prozent prognostiziert. Das größte Wachstum mit 12 Prozent wird hier bei bakteriellen Beschichtungen angenommen. Prinzipiell decken sich die Marktprognosen mit der Einschätzung der befragten Akteure, die ebenfalls bei allen Beschichtungstrends künftig eine wachsende Bedeutung vorhersagen.

Marktsegment	Weltmarktvolumen (2017)	Jährliche Steigerungsrate
Hydrophile Beschichtungen	10,1 Mrd. \$	6 % bis 2021
Antikorrosionsschichten	24,6 Mrd. \$	5 % bis 2021
Antimikrobielle Beschichtungen	2,7 Mrd. \$	12 % bis 2021
Schmutzabweisende Beschichtungen	2,6 Mrd. \$	7 % bis 2026
Hartbeschichtungen	0,7 Mrd. \$	8 % bis 2021
Leitfähige Beschichtungen	13,9 Mrd. \$	8 % bis 2021
Hitzeschutzschichten	5,0 Mrd. \$	5 % bis 2021
Medizinische Beschichtungen	11,5 Mrd. \$	7 % bis 2021
Optische Beschichtungen	8,3 Mrd. \$	7 % bis 2020
Automobilbeschichtungen	12,4 Mrd. \$	7 % bis 2021
Pulverbeschichtungen	9,7 Mrd. \$	7 % bis 2022
Metallbeschichtungen	11,2 Mrd. \$	6 % bis 2026

Tabelle 8: Übersicht zu Weltmarktprognosen für Beschichtungslösungen in verschiedenen Marktsegmenten

Quelle: www.marketsandmarkets.com, eigene Darstellung

4.1.4 Materialbezogene und gesellschaftliche Trends als Treiber für Grenz- und Oberflächentechnologien

Bei der Auswertung Material bezogener und gesellschaftlicher Trends wurden analog zu den Oberflächentrends jeweils die Durchschnittswerte der Einschätzungen aus den 24 Interviews herangezogen.

Hinsichtlich der materialbezogenen Trends mit Bezug zu Grenz- und Oberflächentechnologien wurden Multimaterialsysteme und Biomaterialien sowohl für die Entwicklung des Gesamtmarktes als auch für Thüringen am relevantesten eingeschätzt. Bei Multimaterialsystemen spielen Grenz- und Oberflächentechnologien eine Schlüsselrolle, um eine ausreichende Verbindung bzw. Haftung unterschiedlicher Materialien miteinander herzustellen. Derartige Systeme werden vor allem im Leichtbau von Automobilen, Maschinen und im Bauwesen zunehmend nachgefragt. In der Medizintechnik ist die Einstellung spezifischer biologischer Oberflächenfunktionalitäten oftmals entscheidend, beispielsweise für die Biokompatibilität von Implantaten im menschlichen Körper oder die Keimfreiheit von medizinischen Geräten. In Bezug auf die gesellschaftlichen Trends werden die Themen Robotik/Industrie 4.0/Digitalisierung sowie die Gesundheit am relevantesten eingeschätzt. Bei der Robotik und Digitalisierung spielen Oberflächen vor allem in Bezug auf sensorische und elektronische Funktionalitäten eine zentrale Rolle. Oberflächentechnologien werden genutzt, um elektronische Komponenten oder Sensoren in Alltagsgegenstände und Industriegüter zu integrieren. Nach Einschätzung der befragten Akteure hat Thüringen in diesen Bereichen keine ausgeprägten Stärken. dagegen sprechen aber viele Aktivitäten in Thüringen, wie die Allianz 3Dsensation oder das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Ilmenau.

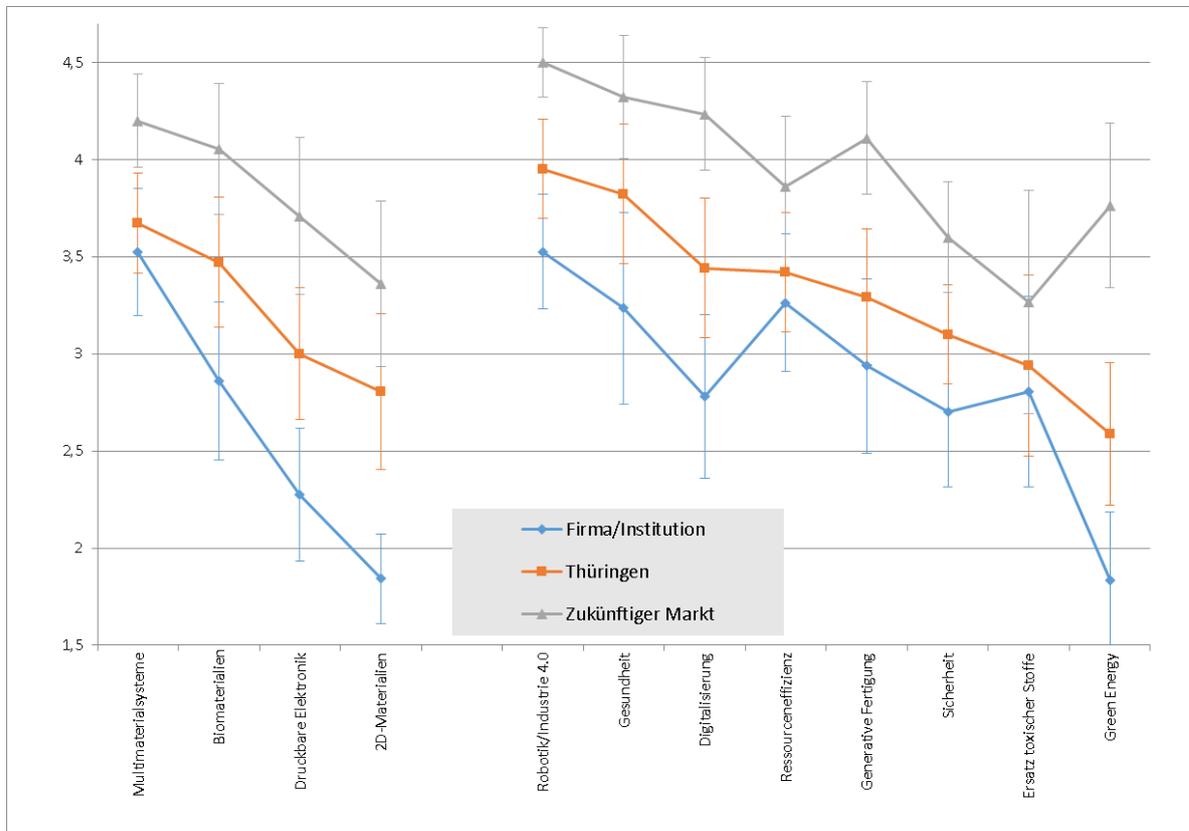


Abbildung 17: Einschätzung der Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, 80%-Konfidenzbänder, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Die oben betrachteten Durchschnittswerte der Einschätzungen repräsentieren die Gesamtbewertung aus Sicht aller Akteure. Wie aus den Konfidenzbändern der Durchschnittswerte deutlich wird, ist die Streuung der Bewertung einzelner Themen zum Teil recht hoch. Interpretieren lässt sich dies damit, dass bestimmte Themen wie „Ersatz toxischer Stoffe“ für einige Akteure aus der Chemie- und Metallbranche sehr relevant, für andere Bereiche wie die Optik aber irrelevant sind. Obwohl der Durchschnittswert in diesem Fall eher niedrig ausfällt, hat das Thema für bestimmte Akteure eine sehr große Bedeutung, so dass nicht allein der Durchschnittswert bewertet werden sollte. Um Themen zu identifizieren, die für einige Akteure von sehr hoher Relevanz sind, wurde deshalb in Abbildung 20 statt des Durchschnittswertes die Anzahl der „sehr relevant“ Einschätzungen aufgetragen. Hier werden die Themen Multimaterialsysteme, Biomaterialien und Gesundheit mit jeweils 5 Nennungen am öftesten genannt. Die Bereiche Robotik/Industrie 4.0, Ressourceneffizienz und der Ersatz toxischer Stoffe sind für 4 Akteure von hoher Relevanz.

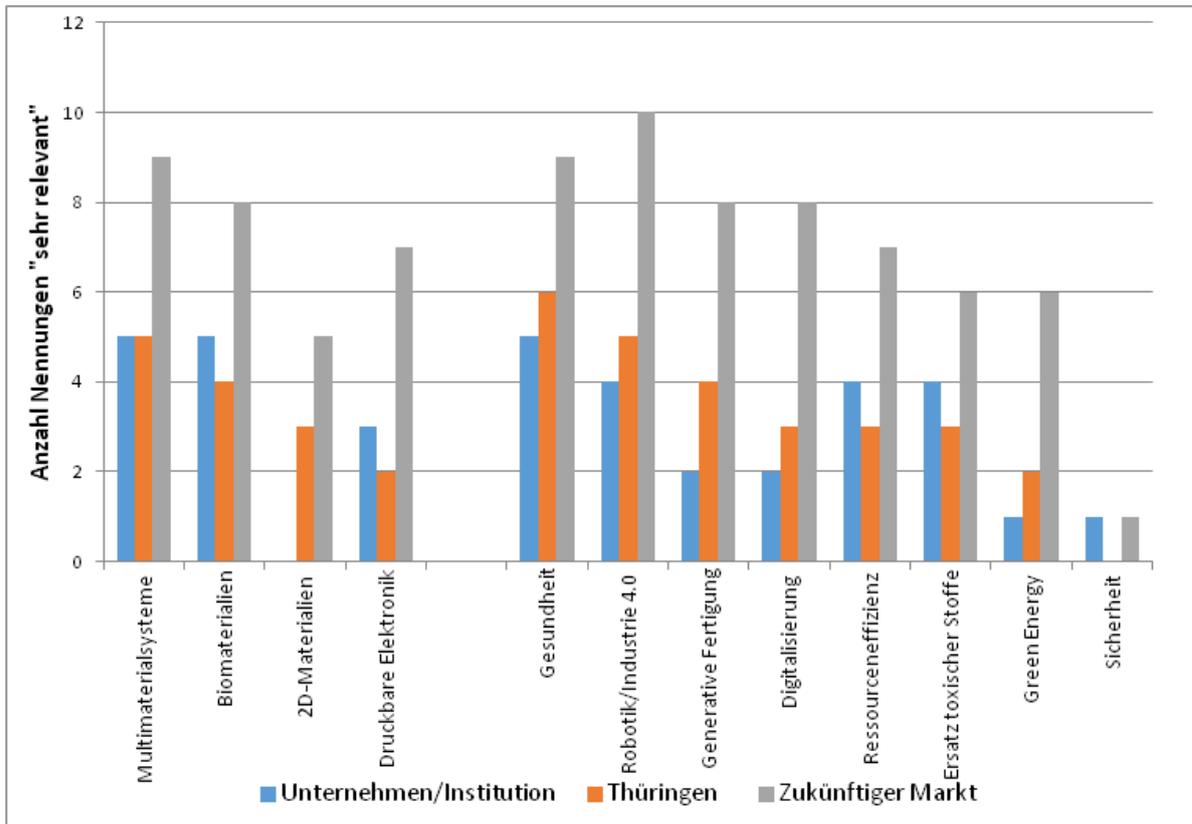


Abbildung 18: Einschätzung der Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Wird die Differenz zwischen der Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des Gesamtmarktes und der Relevanz für Thüringen betrachtet, weisen die Themen Green Energy, Generative Fertigung, Digitalisierung und druckbare Elektronik die größten Abweichungen auf. In diesen Zukunftsbereichen sind Grenz- und Oberflächentechnologien sehr relevant, wobei in Thüringen die Verflechtung zwischen Forschung und industrieller Entwicklung noch nicht stark genug ist.

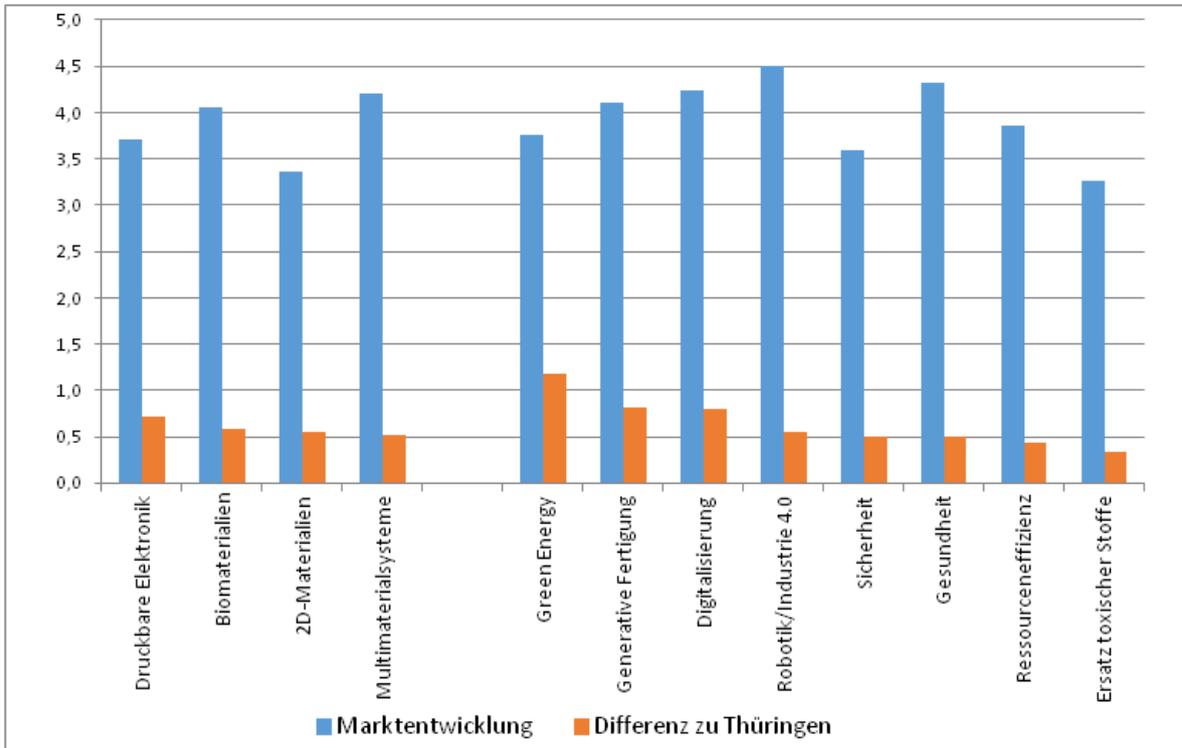


Abbildung 19: Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends für den zukünftigen Gesamtmarkt und Differenz zur Relevanz für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Wird die Matrix der zukünftigen Marktentwicklung und der Bedeutung für Thüringen betrachtet, kristallisieren sich die Bereiche Robotik/Industrie 4.0 sowie die Gesundheit als relevanteste gesellschaftliche Megatrends aus Perspektive der Grenz- und Oberflächentechnologien heraus. In der Abbildung 22 sind diese Themen im rechten oberen Quadranten der durch die rot dargestellten Linien aufgespannten Matrix aufgetragen. Die roten Linien repräsentieren hierbei jeweils den Mittelwert aus der Bewertung aller Themen bezüglich der zukünftigen Marktentwicklung und der Bedeutung für Thüringen. Ebenfalls überdurchschnittlich bewertet wurde das Thema Generative Fertigung, während die Bereiche Sicherheit, Ersatz toxischer Stoffe und Green Energy in Bezug auf beide Kriterien unterdurchschnittlich bewertet werden.

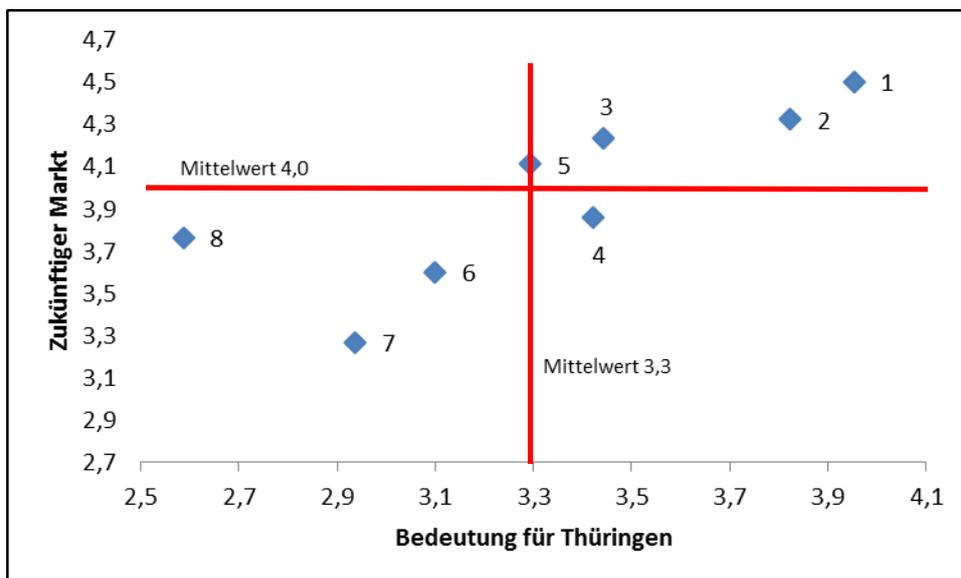


Abbildung 20: Relevanz verschiedener material- und anwendungsbezogener Trends für den zukünftigen Gesamtmarkt und für Thüringen basierend auf Durchschnittswerten der Einschätzung durch thüringische Akteure der Grenz- und Oberflächentechnik (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24), Zahlenlegende: 1: Robotik/Industrie 4.0, 2: Gesundheit, 3: Digitalisierung, 4: Ressourceneffizienz, 5: Generative Fertigung, 6: Sicherheit, 7: Ersatz toxischer Stoffe, 8: Green Energy

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Neben der quantitativen Einschätzung wurden von den befragten Interviewpartnern zum Teil auch qualitative Aussagen zur Relevanz des jeweiligen Trends getroffen, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Multimaterialsysteme (neue Materialkombinationen und Fügeprozesse)

Multimaterialsysteme sind ein wichtiger Trend im Leichtbau unter anderem in der Automobilindustrie, der Bautechnik oder der Medizintechnik. Einsatzfelder sind hier durch Fasern oder Füllstoffe verstärkte Kunst- und Baustoffe, Kunststoff-Glasverbindungen oder keramische Schichten auf Kunststoffen. Bei Materialverbänden spielen Oberflächenmodifikationen eine wichtige Rolle für Funktionalität und Festigkeit des Bauteils.

2D-Materialien (z.B. Graphen)

Zweidimensionale Materialien wie Graphene spielen in der Thüringer Beschichtungsszene aktuell keine relevante Rolle. Für einige Anwendungen wie im Textilbereich wird Potenzial gesehen aber keine eigene Forschung betrieben. Engere Kontakte zu Graphenherstellern wie Talga Advanced Materials aus Thüringen bestehen nicht.

Biomaterialien/ nachwachsende Rohstoffe

Biomaterialien spielen eine wichtige Rolle in der Medizintechnik, wie z.B. Biokeramiken für Implantate. Allerdings werden diese nur von wenigen Unternehmen in Thüringen hergestellt. Biopolymere sind für Verbrauchsmaterialien (beispielsweise Pipettenspitzen) und Werkzeuge ein Thema, wobei der Oberflächenbezug allerdings gering ist.

Druckbare Elektronik (z.B. Drucktinten, organische Halbleiter)

Bei der druckbaren Elektronik hat die Oberflächenfunktionalisierung eine hohe Relevanz, z.B. bei der Haftvermittlung in der Drucktechnik. Hierbei kommt ein breites Spektrum von Materialien zur Anwendung, wie organische Halbleiter, Piezomaterialien oder Silbneranodrähte für elektronische Schaltungen.

Anwendungsbezogene Trends

Green Energy (z.B. Energiespeicher und -wandler)

Beim Thema Energiewende spielen Oberflächenfunktionalisierungen oftmals eine Schlüsselrolle, um regenerative Energiewandler leistungsfähiger und robuster zu machen. Dies gilt für die Photovoltaik, ebenso wie für Brennstoffzellen oder die Wasserelektrolyse. Bei der Stabilisierung von Elektrodenmaterialien, 3D-strukturierten Elektroden sowie der Integration von Sensoren sind innovative Beschichtungslösungen gefragt. Derzeit sind in Thüringen aber wenige Aktivitäten in diesem Bereich festzustellen.

Ressourceneffizienz (Haltbarkeit, Materialeinsparung, Leichtbau)

Die Verlängerung der Lebensdauer von Bauteilen und Werkzeugen durch Verschleiß- und Korrosionsschutz ist von hoher Relevanz für die Oberflächentechnologie in Thüringen. Durch Beschichtungslösungen können oftmals umweltbelastende Werkstoffzusätze wie Chromat oder Schwermetalle reduziert oder ersetzt werden. Oftmals ist dies auch mit Kostenvorteilen verbunden, z.B. beim Einsatz weniger hochwertiger Glas- oder Stahlwerkstoffe, die durch Beschichtungen für bestimmte Anwendungen qualifiziert werden.

Gesundheit (z.B. biokompatible Implantate, antibakterielle Eigenschaften)

Der Gesundheitssektor wird als sehr relevanter Treiber von Oberflächentechnologien gesehen. Das Thema antibakterielle Beschichtungen wird in Asien allerdings wesentlich offensiver angegangen als in Deutschland. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass in der Medizintechnik nicht nur positive Effekte durch Beschichtungen zu verzeichnen sind. Als Beispiel kann hier die Kontamination von Inhalationsmundstücken durch Ablösen von Teilen der Beschichtung von beschichteten Spritzgusswerkzeugen aufgeführt werden. Die Beschichtung wird in der Regel nur für den mechanischen Prozess optimiert, wobei die potenzielle Zytotoxizität oftmals nicht berücksichtigt wird. Auch in anderen Bereichen wie Implantaten können Probleme beim Verschleiß von Schichten und Abrieb von Mikrobestandteilen bestehen. Die Etablierung von Methoden der Analytik zu Gesundheitswirkungen sowie der Wiederinstandsetzung und dem Zustandsmonitoring von Schichten ist hier wichtig.

Robotik/Industrie 4.0 (z.B. Sensorik, Aktorik, taktile Oberflächen) und Digitalisierung

Den Themen Industrie 4.0, Robotik und Digitalisierung wird generell eine hohe Bedeutung für Thüringen beigemessen, allerdings sind hierbei branchenspezifische Charakteristika zu beachten. In der Medizintechnik handelt es sich beispielsweise nicht um eine Massenfertigung. Hier gilt es eher durch digitale Informationen die gesetzlich geforderte Nachverfolgbarkeit von Medizintechnikprodukten zu unterstützen, die bereits im Produktionsprozess gewährleistet sein muss. Im Bereich der Diagnostik ist eine stärkere Laborautomation zu erwarten. In Thüringen sind hierzu bezogen auf die Oberflächentechnik eher grundlagenbezogene Forschungsansätze zu verzeichnen.

Sicherheit (z.B. Zustandsmonitoring von Bauteilen)

Das Thema Sicherheit spielt in verschiedenen Anwendungsbereichen der Oberflächentechnik eine Rolle, in Thüringen allerdings weniger. In der Medizintechnik kann mit Beschichtungslösungen die Anwendungssicherheit von Produkten (Biokompatibilität, Keimfreiheit) verbessert werden. Weitere Entwicklungen sind fluoreszierende keramische Tinten zur Nachverfolgbarkeit von Bauteilen oder Beschichtungen zum Plagiatschutz.

Ersatz toxischer Stoffe (z.B. Cr(VI), Cadmium, Lösemittel)

Der Ersatz toxischer Stoffe spielt in der Oberflächentechnik vor allem in der Galvanik aber auch in der Elektronik und Optik eine Rolle, um alternative Lösungen für in der EU durch REACH oder RoHS reglementierten Chemikalien zu entwickeln. Dazu zählen beispielsweise Chrom(VI)-freier Korrosionsschutz, Ersatz von Borsäure und Nickel in der Galvanik, bleifreie Lote in der Elektronik oder lösemittelfreie Beschichtungsprozesse. Durch Barriereschichten kann der Eintrag toxischer Stoffe in die Umwelt minimiert werden. In der Medizintechnik sind toxische Stoffe generell ausgeschlossen, so dass sich das Problem hier nicht stellt.

Generative Fertigung / Losgröße 1

In Thüringen ist die generative Fertigung überwiegend noch ein Forschungsthema. Aussichtsreiche Forschungsansätze bestehen unter anderem im Bereich der Fertigung von Keramiken und Gläsern aus Pulverdruckern. Hierbei spielt die Oberflächentechnologie zur Erhöhung der Bauteilfestigkeit eine wichtige Rolle. In Bezug auf die praktische Umsetzung wird nach Einschätzung der befragten Akteure noch Verbesserungspotenzial gesehen. Die Fertigung von keramischen Zahnimplantaten durch 3D-Druck erfolgt beispielsweise in der Praxis derzeit nicht in Thüringen.

4.2 Bezüge zur Regionalen Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS 3 Thüringen)

Zielsetzung der Regionalen Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS 3 Thüringen) ist es, vorhandene Spezialisierungsvorteile und -potenziale für ein intelligentes, nachhaltiges und sozial integratives Wachstum zu nutzen und weiter zu entwickeln. Hierzu bedarf es – so die RIS 3 – einer „thematischen Fokussierung durch Identifikation jener Themenfelder, welche die meisten innovativen Impulse erwarten lassen“. In dem oben erwähnten Beteiligungsprozess wurden die Spezialisierungsfelder

- Industrielle Produktion und Systeme,
- Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik,
- Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft,
- Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung

sowie das Querschnittsfeld

- Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen

identifiziert. Die folgende Abbildung zeigt das Strategiedesign der Thüringer Innovationsstrategie.



Abbildung 21: Regionale Innovationsstrategie Thüringen (RIS 3)

Quelle: LEG Thüringen (2016): Gesamtaktionsplan zur Umsetzung der Thüringer Innovationsstrategie (RIS3 Thüringen), http://www.cluster-thueringen.de/fileadmin/thcm/pdf/innovationsstrategie/umsetzung/gesamtaktionsplan/2016-10-11_ris3_gesamtaktionsplan_nach_bestaetigung_clusterboard.pdf

Insgesamt arbeiten mehr als 40 Prozent aller Thüringer Beschäftigten in den Bereichen der vier Spezialisierungsfelder und erwirtschaften mehr als die Hälfte des Thüringer Gesamtumsatzes.

Für die Umsetzung der RIS 3 wurden zu den Spezialisierungsfeldern und dem Querschnittsfeld mit Wissenschafts-, Wirtschafts- sowie Cluster- und Netzwerkvertretern besetzte Arbeitskreise gebildet. Darüber hinaus wurden unterhalb der Arbeitskreise themenspezifische Foren eingerichtet, die für alle interessierten Akteure offen sind. Die Arbeitskreise und Foren kommen regelmäßig zusammen und tragen dafür Sorge, dass die Umsetzung der RIS 3 Thüringen mit Leben erfüllt wird: Sie identifizieren Innovationstrends, schlagen Ziele, Themenschwerpunkte und Maßnahmen vor und geben damit den entscheidenden Input für sogenannte feldspezifische Aktionspläne zur zielgerichteten Entwicklung der Felder. Bestätigt werden diese im Rahmen eines Gesamtaktionsplans durch den Clusterboard als höchstes Gremium der RIS 3-Governance-Struktur. Dem Clusterboard gehören Vertreter der Politik, der Wirtschafts-, Sozial- und Umweltpartner, der Forschungs- und Bildungseinrichtungen sowie der Cluster/Netzwerke an. Die Aktionspläne und der Gesamtaktionsplan werden regelmäßig fortgeschrieben, um auch neueste Entwicklungen sowie Herausforderungen zu berücksichtigen und die Chancen für Thüringen nutzen zu können.

Die Grenz- und Oberflächentechnologien werden durch den Freistaat Thüringen dem Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ zugeordnet.

Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“

Das Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ ist eine tragende Säule der Thüringer Wirtschaft. Mit wachsenden Märkten und zahlreichen Aktivitäten in unterschiedlichen Branchen trägt dieses Feld zu ca. knapp der Hälfte des Umsatzes im verarbeitenden Gewerbe Thüringens bei.

Die in der Innovationsstrategie formulierte **Vision und die strategischen Ziele** bilden die Grundlage der Aktivitäten im Arbeitskreis:

„Thüringen ist eine technologiestarke und international sichtbare Produktionsregion, deren Erfolg auf Interdisziplinarität, wettbewerbsfähiger Infrastruktur, schneller Marktreaktion und Innovationskraft

basiert. Das Spezialisierungsfeld ist Wachstumstreiber und sichert hochwertige Thüringer Arbeitsplätze unter Beachtung des demografischen Wandels, zunehmender Ressourcenknappheit und der zentralen Stellung des Menschen im Fertigungs- /Produktionsprozess. Die industrielle Produktion wird durch das digitale Zeitalter (IKT) bestimmt (Industrie/Wirtschaft 4.0), entsprechend wird sie synergetisch ausgebaut und auf Produktivitätssteigerung ausgerichtet. Thüringer Firmen sind prädestiniert ihre Systemkompetenz durch effiziente und flexible Produktionsverfahren sowie hohe Produktentwicklungskompetenz auszubauen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und einen hohen Exportanteil zu erwirtschaften.⁵

Thüringer Unternehmen sollen sich zu Systemlieferanten und generieren Innovationen durch die intelligente Verknüpfung von Themenfeldern wie der Optik/Photonik, der Automatisierung/Robotik, der Kunststoff-/Produktions-/Präzisionstechnik, dem Leichtbau, hybride und innovative Werkstoffe, Mikro-/Nano Integration, Sensorik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien entwickeln. Die Systemkompetenz in verarbeitenden Unternehmen wird gezielt erhöht und damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit gestärkt. Die Kreativwirtschaft setzt Impulse zur interdisziplinären Kooperation bei Innovationsprozessen und der Entwicklung von nutzerorientierten Produkten.

Für die Erreichung der Zukunftsvision hat der Arbeitskreis folgende **Leitziele** definiert:⁶

- **Intelligente vernetzte Produktion:** Thüringen ist 2020 Kompetenzregion für intelligente vernetzte Produktion mit adäquat angepasster Mensch-Maschine-Interaktion (Industrie 4.0).
- **Flexible und effiziente Prozesse, Systeme und Technologien:** Thüringen ist 2020 eine führende Region Europas für die Entwicklung und Anwendung von flexiblen und effizienten Prozessen, Systemen sowie Technologien für individualisierte Produkte.
- **Intelligente Produktionsüberwachung und -steuerung:** Thüringen ist 2020 eine global etablierte Region auf dem Gebiet der Sensorik und Messtechnik für die industrielle Produktion.

Aufbauend auf den Thüringer Kompetenzen und in Abhängigkeit von den Leitzielen des Spezialisierungsfeldes „Industrielle Produktion und Systeme“ gibt es FuE-Themenansätze, die einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Leitziele darstellen. Die Abbildung 24 zeigt eine Übersicht zu den Themenansätzen, für die FuE-Konsortien initiiert und die ggf. in FuE-Verbundcalls adressiert werden sollen.

⁵ LEG Thüringen (2016): Gesamtaktionsplan zur Umsetzung der Thüringer Innovationsstrategie (RIS3 Thüringen)

⁶ Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen): *Aktionsplan für das Spezialisierungsfeld Industrielle Produktion und Systeme, Arbeitspapier des Arbeitskreises - Stand: August 2016*

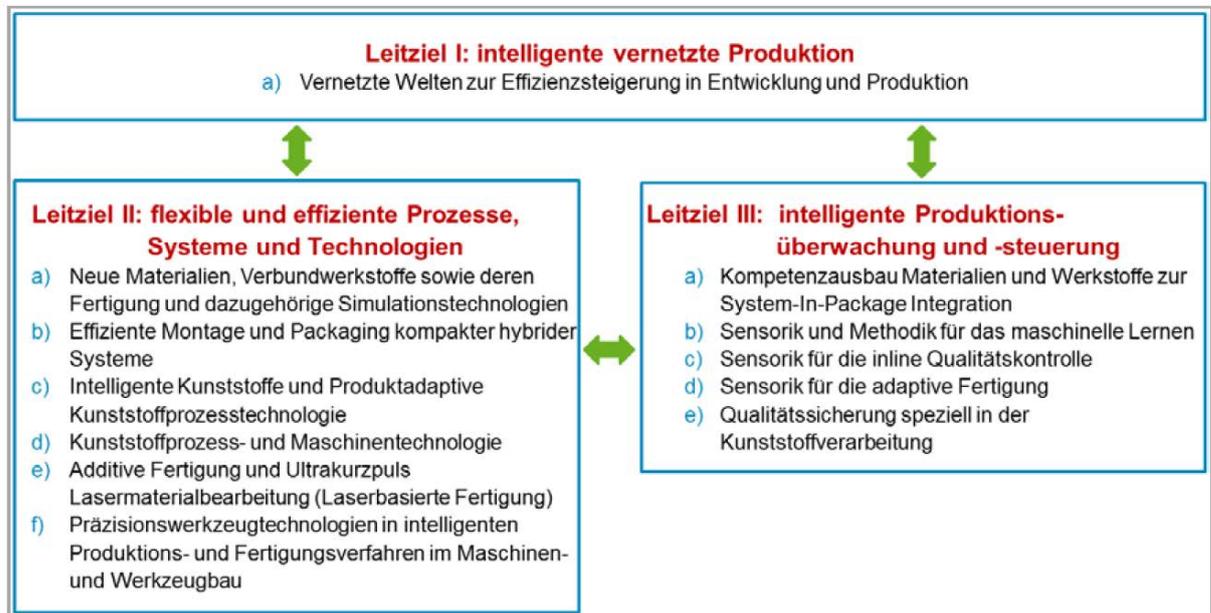


Abbildung 22: Leitziele des Spezialisierungsfeldes „Industrielle Produktion und Systeme“ mit den Themenansätze, die von FuE-Konsortien adressiert werden sollen

Quelle: Aktionsplan für das Spezialisierungsfeld Industrielle Produktion und Systeme, Arbeitspapier des Arbeitskreises – Stand: August 2016

Thüringer **Innovationszentren** spielen eine wichtige Rolle für branchenspezifische Transferaktivitäten des Freistaats. Diese Zentren sind als Infrastrukturmaßnahmen zu verstehen, die im unmittelbaren Umfeld der Hochschulen und wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen Thüringens Forschungsaktivitäten auf den Bedarf der regionalen Wirtschaft ausrichten. Sie bieten Auftragsforschung sowie Dienstleistungen für die Wirtschaft an und müssen daher mit einer spezifischen Infrastruktur ausgerüstet sein. Zur Verzahnung aller Akteure im Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ sind folgende Zentren vom Arbeitskreis vorgeschlagen worden:

- Thüringer Zentrum für Produktion und kooperative vernetzte Fertigungsketten (ThZP) (Arbeitstitel) (ProSys 13/2015)
- Innovationszentrum „Sensortechnik und Optik/Photonik“ (Arbeitstitel) (ProSys 14/2015)
- Thüringer Innovationszentrum für Biomaterialien und Materialien für die Medizintechnik – TIBONE (Arbeitstitel) (ProSys 15/2015)

In der Thüringer Wirtschaft herrscht ein Defizit an Systemherstellern. Zudem ist die Thüringer Wirtschaft kleinteilig und weist viele Komponenten- bzw. Baugruppenhersteller auf. Durch größere Verbünde kann die Kleinteiligkeit überbrückt und der Systemgedanke durch den Zusammenschluss gelebt werden. Die **Demonstrationszentren** dienen dabei als Vorführhilfen für Prototypen, um so die KMU bei der Präsentation ihrer neusten Entwicklungen zu unterstützen und wurden als Maßnahmenvorschläge durch den Arbeitskreis bestätigt.

- ThOZ – Thüringer Oberflächenzentrum (virtuell) (ProSys 17/2015)
- Demonstration- und Koordinierungszentrum für Sensortechnik (DKZ) (ProSys 18/2015)

Technologieplattformen sind ebenfalls ein wichtiges Instrument für die Transferaktivitäten zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Hierbei soll durch die Konzeptionierung einer gemeinsamen Strategie zur Erschließung von Technologien den KMU das Hervorbringen von Innovationen erleichtert werden.

Folgende Themen für Technologieplattformen sollen in dem Bereich „industrielle Produktion und Systeme“ initiiert bzw. ausgebaut werden:

- Technologieplattform „Multi-Solver.Net“ (ProSys 19/2015)
- Plattform für vernetzte und kooperative Entwicklungs- und Lieferketten (ProSys 20/2015)
- Technologieplattform „Tailored Optical Fibers“ (TOF - Optische Fasertechnologien) (ProSys 21/2015)
- Technologieplattform „Antimikrobielle und Degradierbare Werkstoffe“ (ProSys 22/2015)
- Technologieplattform „HIPS – High-Performance Sensorsysteme durch Micro-Nano-Integration“ (ProSys 23/2015)
- Plattform für die Integration von weiteren Materialien, z.B. synthetischen Diamantschichten, in die Thüringer Mikrosystemtechnik zur weiteren Funktionalisierung (ProSys 24/2015)

Einordnung in die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS 3

Die Abbildung 25 zeigt, dass unter den Spezialisierungsfeldern der RIS 3 das Feld „Industrielle Produktion und Systeme“ derzeit die größte Bedeutung für die befragten Akteure hat. Das entspricht auch den Erwartungen, denn Grenz- und Oberflächentechnologien haben hierzu den größten fachlichen Bezug. Es wird ebenfalls deutlich, dass diese Technologien für alle Felder wichtig sind, was ihrem Querschnittscharakter genau entspricht.

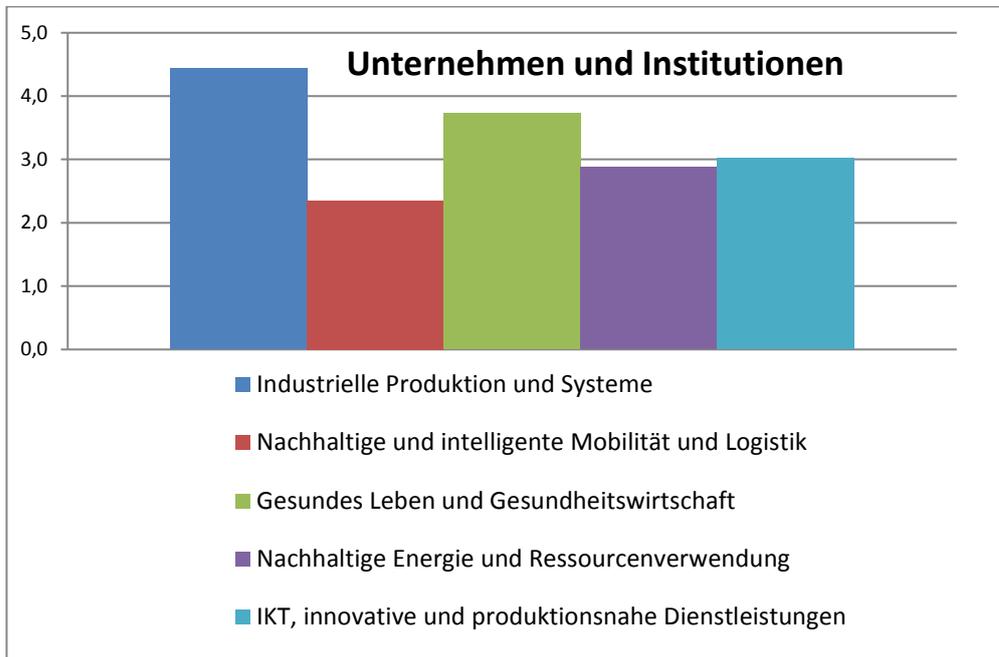


Abbildung 23: Einordnung der wichtigsten Geschäftsfelder der befragten Akteure in die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der RIS 3. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS 3

Die Bedeutung der Grenz- und Oberflächentechnologien wird von den befragten Akteuren aktuell für sich selbst wie für den Freistaat in erster Linie für das Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ gesehen. Es wird allerdings erwartet, dass die Bedeutung für die anderen Spezialisierungsfelder in Zukunft stark zunimmt. Der künftige Markt für das Spezialisierungsfeld „Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft“ rückt an die zweite Stelle nach „Industrielle Produktion und Systeme“. Die stärkste Zunahme verzeichnet das Spezialisierungsfeld „Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik“. Insgesamt werden die Grenz- und Oberflächentechnologien als Enabler für alle Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS 3 gesehen.

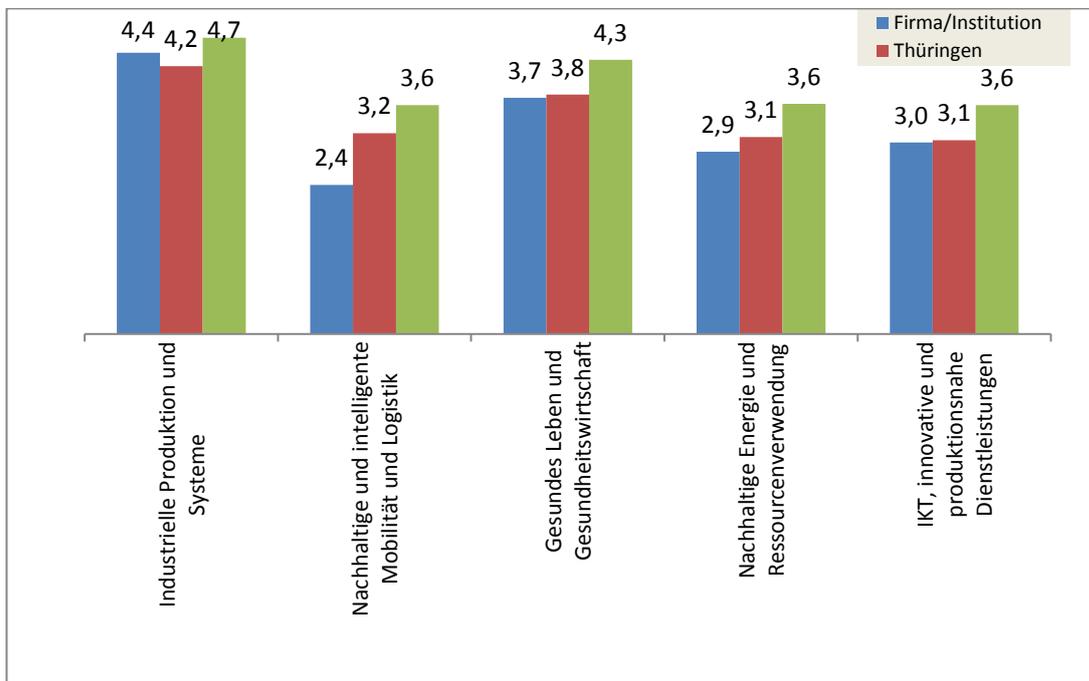


Abbildung 24: Relevanz der Grenz- und Oberflächentechnologien für die Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der RIS 3 aus Sicht der befragten Akteure. aktuell für die eigene Institution/Firma, für Thüringen insgesamt sowie für den zukünftigen Gesamtmarkt. (Skala von 1 bis 5; 1: nicht relevant, 5: sehr relevant, Durchschnittswerte, n=24)

Quelle: VDI TZ, Expertenbefragung, eigene Darstellung

Unternehmen und Institutionen unterscheiden sich in ihrer Einschätzung in einigen Aspekten:

- Die Unternehmen bewerten die Bedeutung für Thüringen überwiegend höher als für sich selbst. Bei den Institutionen ist die Bedeutung für Thüringen vergleichsweise geringer.
- Bei der Einschätzung der künftigen Marktrelevanz für Grenz- und Oberflächentechnologien sind die Unternehmen deutlich optimistischer. Besonders deutlich fällt dieser Unterschied für das Spezialisierungsfeld „Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung“ aus.

5. Schlußfolgerungen und Handlungsempfehlungen

5.1 SWOT Analyse

Zur Erkennung der Stärken und Schwächen sowie der Chancen und Risiken wurde auf der Basis der in der Studie vorliegenden Ergebnisse eine SWOT-Analyse aufgestellt, die im folgenden stichpunktartig wiedergegeben wird:

Stärken

- *Gut ausgebaute Forschungslandschaft bestehend sowohl aus grundlagenorientierten als auch anwendungsnahen Forschungseinrichtungen mit starkem Bezug zur Grenz- und Oberflächentechnik.*
- *Breites fachliches Spektrum an Kompetenzen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien mit Spezifika unter anderem hinsichtlich multifunktionaler optischer Schichtsysteme auf verschiedenen Substraten, Atmosphärendruck-Beschichtungsverfahren und deren Kombination, Sol-Gel-Technik im Bereich keramischer Schichten sowie Einsatz ionischer Flüssigkeiten und nichtwässriger Systeme in der Galvanik/Elektrochemie.*
- Zum Teil vollständig abgebildete Wertschöpfungsketten und internationale Marktzugänge im Bereich innovativer Gläser/Optiken durch Großkonzerne Schott, Zeiss und Jenoptik.
- Starker Mittelstand in den Bereichen Maschinen-, Werkzeugbau/metallverarbeitende Industrie/Fertigungstechnik und Kunststofftechnik als wichtige Anwenderbranchen für die Grenz- und Oberflächentechnologien
- Hohe Dichte an Beschäftigten im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen.
- *KMU geprägte Unternehmensstruktur Thüringens ermöglicht eine hohe Flexibilität der Unternehmen mit starker Ausrichtung an Kundenbedarfen.*

Schwächen

- *Zum Teil noch zu geringe FuE -Intensität am Standort Thüringen, Unternehmen teilweise „verlängerte Werkbänke“ oder Produktionsstandorte ohne FuE bei Zulieferern.*
- Geringe Unternehmensgröße erschwert Aufbau eigener Forschungs- und Entwicklungsstrukturen.
- *Zu geringes landesweites Standortmarketing/Selbstverständnis im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien.*
- Fachspezifische Fördermöglichkeiten im Vergleich zu finanzstärkeren Bundesländern fehlen, wie beispielsweise in NRW der „Leitmarkt Neue Werkstoffe in NRW“ oder in Baden-Württemberg „Funktionelle Oberflächen und Materialien für eine nachhaltige Energieversorgung“ und „Additive Fertigung“.
- *Kooperationskultur und Vernetzungsgedanke über Gesamt-Thüringen hinweg bei KMU zum Teil wenig ausgeprägt.*

- Kooperationspartner zur industriellen Umsetzung bei KMU sind in Thüringen vorhanden. Jedoch fehlen in Thüringen oft große Unternehmen als Partner für ein Umsetzen auf großvolumige Anlagen zur Massenproduktion.

Chancen

- ***Hohe Dichte an wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen, die den Transfer neuer Oberflächentechnologien in die klein- und mittelständische Industrie beschleunigen können.***
- Grenz- und Oberflächentechnologien als Schlüsseltechnologien für Erschließung von Zukunftsmärkten in den Bereichen Industrie 4.0, Digitalisierung, Leichtbau, Green Energy und Gesundheit mit zukünftig wachsender Bedeutung.
- ***Breiter Innovationsschub durch Übertragbarkeit von Oberflächenlösungen auf andere Branchen.***
- Verordnungen REACH, RoHS etc. schränken den Einsatz bestimmter Materialien ein. Durch neue Beschichtungslösungen können Alleinstellungsmerkmale generiert werden.
- Ausbau von Beziehungen zu komplementären Regionen in Deutschland und europaweit.
- Neben der Nutzung von Kosteneinsparpotentialen durch Grenz- und Oberflächentechnologien werden durch Kooperationen, FuE sowie Kompetenzausbau durch erfolgreiche Projekte auch sekundäre Effekte bei den Unternehmen ausgelöst, die zu einem Innovationsanschub führen können.

Risiken

- ***Drohender Mangel an Fachkräften vor allem für kleine Unternehmen und Forschungsinstitutionen außerhalb industrieller Zentren (z.B. Jena), im Bereich spezieller Qualifikationen (z.B. Mechatroniker) sowie bei Ausbildungsberufen.***
- ***Grenz- und Oberflächentechnologien erfordern oftmals Querschnittskennnisse, die im Studium kaum vermittelt werden.***
- Verordnungen REACH, RoHS etc. schränken den Einsatz bestimmter Materialien ein; erhöhen gegebenenfalls den Dokumentations- und Genehmigungsaufwand, Ersatz für nicht mehr einsetzbare Materialien kann evtl. nicht schnell genug entwickelt werden.
- Regulatorische Hürden für neue Beschichtungslösungen in der Medizintechnik.
- Überführung neuartiger Grenz- und Oberflächentechnologien in die industrielle Praxis oftmals schwierig.
- Mögliche negative Wirkungen von Beschichtungen beispielsweise durch Abrieb toxischer Bestandteile bei Anwendungen in der Medizintechnik sowie mögliche Folgeprobleme bei Verschleiß von Schutzschichten bei geringerer Werkstoffqualität.

Anmerkung: **fett**, *kursiv*: deutlicher Bezug zu den Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

5.2 Handlungsempfehlungen

Die Analyse der Innovationspotenziale der Grenz- und Oberflächentechnologien am Standort Thüringen hat aufgezeigt, dass Thüringen sowohl bei den Unternehmen wie in der Wissenschaft ein breites Kompetenzspektrum und in vielen technologischen Bereichen wie beispielsweise optischen Beschichtungen, Keramikbeschichtungen, Gasphasenbeschichtungsverfahren unter Atmosphärendruck sowie alternativer elektrochemischer Beschichtungen ausgewiesene Stärken bis hin zu Alleinstellungsmerkmalen auf nationaler und europäischer Ebene aufweist. Daneben wurde in einigen wenigen Branchen wie der Metall- und Kunststoffindustrie sowie der Automobiltechnik eine zurückhaltende Innovationstätigkeit in den thüringischen Unternehmen festgestellt. Um dieses zu verbessern, bieten sich u. a. strukturelle Maßnahmen bzgl. Vernetzung und Kommunikation an, die zu einem späteren gezielten Technologietransfers führen können. Hierfür ist es erforderlich, dass die Kommunikation fachlich fundiert geführt wird, um Vertrauen zu schaffen. Auf Basis dieser Studienergebnisse und der SWOT-Analyse lassen sich Handlungsempfehlungen zur weiteren Stärkung der Grenz- und Oberflächentechnologien für den Wirtschaftsstandort Thüringen im Sinne der RIS 3 ableiten.

Stärken stärken

- Die gut ausgebaute Forschungslandschaft und der starke Mittelstand in Thüringen sind eine gute Basis, um Innovationen durch Grenz- und Oberflächentechnologien branchenübergreifend voranzutreiben. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine bessere Vernetzung der Akteure und eine höhere Transparenz der verfügbaren Kompetenzen und technologischen Möglichkeiten. Kontakte zu Unternehmen in relevanten Branchen sollten gezielt geknüpft und ein intensiver/cross-sektoraler Austausch von Unternehmensvertretern mit Kompetenzträgern der Grenz- und Oberflächentechnologien vorangetrieben werden.
- Die Optischen Technologien in Thüringen sollten als wichtiges Anwendungsfeld der Grenz- und Oberflächentechnologien und Kompetenzfeld mit internationaler Strahlkraft im Hinblick auf das Standortmarketing weiter gestärkt werden. Vor allem die Themen der regionalen Wachstumskerne zu Freiformoptiken und optische Fasern oder zur Partikelsynthese und Materialentwicklung (Pades) bieten aussichtsreiche Potenziale, um Produktinnovationen voranzutreiben. Die internationalen Marktzugänge durch Großkonzerne Schott, Zeiss und Jenoptik sollten genutzt werden, um innovative Oberflächenlösungen aus Thüringen auf dem Weltmarkt zu positionieren. Die Aktivitäten sollten durch Standortmarketing-Aktivitäten der Landeseinrichtungen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene flankiert werden.

Chancen nutzen

- Gesellschaftliche Megatrends wie Industrie 4.0, Digitalisierung, Leichtbau, Green Energy und Gesundheit erfordern in vielen Branchen neue Produktlösungen, bei denen Oberflächentechnologien wesentliche Lösungsbeiträge liefern können. Die Thüringer Kompetenzen in den Grenz- und Oberflächentechnologien sollten gebündelt in Maßnahmen des Spezialisierungsfeldes „Industrielle Produktion und Systeme“ sowie weiterer Spezialisierungsfelder im Kontext der RIS 3 eingebracht werden. Darüber hinaus sollten verstärkt und systematisch Förderprogramme auf Bundesebene und europäischer Ebene genutzt werden, um Kompetenzen weiterzuentwickeln und sich als Innovationsführer in neu entstehenden Märkten zu positionieren.

- Thüringen besitzt eine hohe Dichte an wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen (Fraunhofer-Institute, Institute der Zuse-Gemeinschaft, Landeseinrichtungen), deren Exzellenz für den Transfer innovativer Grenz- und Oberflächentechnologien in Unternehmen, insbesondere KMU und Kleinunternehmen bzw. Handwerksbetriebe genutzt werden sollte. Hierfür sollten Möglichkeiten der einfachen und kurzfristigen Kontaktaufnahme und der Unterstützung auch kleinerer Anfragen vorgesehen werden. Hinzu kommen Kompetenzzentren wie das Zentrum Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Ilmenau.
- Verschiedene regulatorische Vorgaben beispielsweise durch REACH, RoHS oder die Medizinprodukterichtlinie schränken den Einsatz bestimmter chemischer Stoffe und Materialien ein. Hier bieten sich Möglichkeiten durch neue Beschichtungslösungen und innovative Produkte Marktpotenziale zu erschließen. Betroffene KMU beispielsweise aus der metallverarbeitenden Industrie sollten hierbei durch Beratung in der Technologieentwicklung und Fördermittelakquisition unterstützt werden.
- Ein branchenübergreifender Transfer neuartiger Grenz- und Oberflächentechnologien sollte durch dezentrale Demonstrations- und Testumgebungen unterstützt werden. KMU sollte ein erleichterter und koordinierter Zugriff auf entsprechende Anlagen und Geräte zur Testung anwendungsspezifischer Produktlösungen oder Nutzung teurer, aber notwendiger Messtechnik ermöglicht werden. Flankierende Beratungsmöglichkeiten sind zu etablieren.
- Die Potenziale der Simulationstechniken für Prozess- und Eigenschaftsoptimierungen sollten intensiver genutzt werden. KMU sollte der Zugang zu entsprechenden Möglichkeiten und Kompetenzen erleichtert werden.
- Durch neuartige Grenz- und Oberflächentechnologien könnten Alleinstellungsmerkmale hinsichtlich Werkstoffeigenschaften und Fertigungsverfahren für spezifische Produkte und Bauteile genutzt werden. Diese Lösungen sollten regional durch einen geeigneten Technologietransfer auch anderen zugänglich gemacht werden.

Risiken minimieren

- In einigen Branchen wie dem Maschinenbau sowie der Metall- und Kunststoffindustrie droht für Thüringen mittelfristig die Gefahr aufgrund zu geringer Innovationstätigkeit Markt- und Umsatzanteile zu verlieren. In diesen Branchen werden Grenz- und Oberflächentechnologien wichtige Innovationstreiber sein, daher sollte der Transfer von Oberflächentechnologien durch Vernetzung und Beratung gezielt vorangetrieben werden.
- Mögliche negative Wirkungen von Beschichtungen beispielsweise durch Abrieb toxischer Bestandteile bei Anwendungen in der Medizintechnik sowie mögliche Folgeprobleme bei Verschleiß von Schutzschichten bei geringerer Werkstoffqualität sollten bei der Produktentwicklung mit berücksichtigt werden. Die Kompetenzbildung sowie die Entwicklung entsprechender Standards und Normen sollte aktiv unterstützt werden. KMU sollten bei der Bewältigung regulatorischer Hürden bei der Zulassung von Medizinprodukten oder beim Ersatz toxischer Stoffe bei der Entwicklung neuer Beschichtungslösungen unterstützt werden.

Um die beschriebenen Maßnahmen zur Stärkung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen koordiniert und zielgerichtet umsetzen zu können, empfiehlt sich die Umsetzung von infrastrukturellen Maßnahmen gemeinsam mit fachlichen Forschungsprojekten.

Als infrastrukturelle Maßnahmen werden empfohlen:

- Verbesserung der Transparenz durch einen thüringischen Kompetenzatlas der Grenz- und Oberflächentechnologien
- Kompetenzbündelung und Vernetzung durch ein virtuelles Thüringer Oberflächenzentrum (ThOZ)

Beide o. g. Maßnahmen sind ein Teil des RIS 3 Maßnahmenvorschlags zur Realisierung eines Thüringer Oberflächenzentrums (ThOZ) als Technologieplattform auf diesem Gebiet (siehe Abbildung), um die Voraussetzungen für die zukünftige Entwicklung der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen zu schaffen.

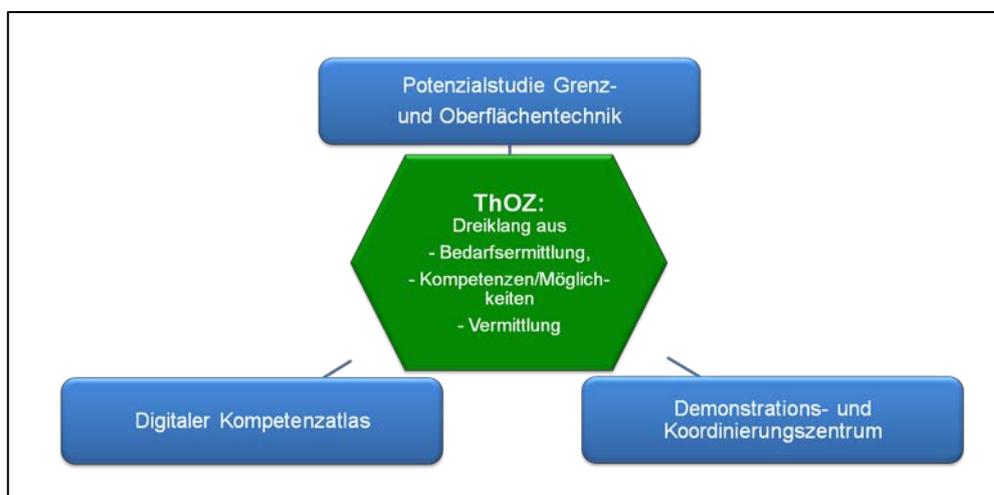


Abbildung 25: Vorschlag für ein Digitales Demonstrations- und Koordinierungszentrum für die Thüringer Wirtschaft und Wissenschaft

Quelle: Dr. B. Grünler, 25.10.2016 Neudietendorf

Zusätzlich sollten die Möglichkeiten der direkten Projektförderung in Thüringen durch die Thüringer Aufbaubank genutzt werden, um zu den infrastrukturellen Maßnahmen eine sehr gute Ergänzung zu haben. Dabei sollte ebenfalls die Initiierung von Forschergruppen eingeschlossen sein.

5.2.1 Thüringischer Kompetenzatlas der Grenz- und Oberflächentechnologien

Für eine bessere Nutzung der Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien für Thüringen ist es erforderlich, eine verbesserte Transparenz hinsichtlich der verfügbaren Kompetenzen zu schaffen. Für viele kleine und mittelständische Unternehmen sind die Möglichkeiten durch Grenz- und Oberflächentechnologien zu wenig bekannt und abstrakt. Die Darstellung konkreter Best Practice Beispiele, vorhandener technologischer Expertise und Kompetenzträger durch einen internetgestützten Kompetenzatlas könnte KMU den Einstieg zur Verwendung neuer Oberflächentechnologien erleichtern und die Wahrnehmung des Technologie-Standortes Thüringen im Außenfeld stärken. Der Zugang zu den Kompetenzträgern sollte durch mehrere Filterebenen spezifisch sowohl für Branchen, für bestimmte Oberflächenfunktionalitäten als auch Verfahren erfolgen. Der Kompetenzatlas dient als erste Orientierung für Interessenten aus dem Außenfeld auch über die Landesgrenzen hinaus.

5.2.2 Kompetenzbündelung und Vernetzung durch ein virtuelles Thüringer Oberflächenzentrum (ThOZ)

In Thüringen fehlt bislang eine zentrale Anlaufstelle, um die Kompetenzen der Grenz- und Oberflächentechnologien zu bündeln und für Unternehmen als Beratungsstelle zu fungieren. Im Rahmen der Zielerreichung des „Aktionsplans für das Spezialisierungsfeld Industrielle Produktion und Systeme“ ist ein Verbund der Thüringer Forschungseinrichtungen auf virtueller Ebene auf dem Gebiet der Oberflächen- und Grenzflächentechnologien von großer Bedeutung. Es sollen für Unternehmen Forschungsdienstleistungen auf den Gebieten der Oberflächenanalytik, Fertigungstechnologien, Produktentwicklung und Qualitätssicherung schnell und effizient zugänglich gemacht werden. Die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Partnern und den Unternehmen kann durch den intensivieren und zielgerichteten Austausch von Wissen verbessert werden. Die Bündelung der Kompetenzen auf virtueller Ebene ohne große Overheadstrukturen soll

- effiziente Formen der Zusammenarbeit etablieren, sowie
- den Informationstransfer zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch im Sinne eines Forschungsmarketings verbessern.

Die Einrichtung des ThOZ wird von den meisten der befragten thüringischen Experten der Grenz- und Oberflächentechnologie befürwortet. Andere konnten sich noch nicht entscheiden, weil Ihnen die Rahmenbedingungen eines ThOZ nicht genau bekannt waren bzw. eingeschätzt werden konnten. Als Ergebnis eines Expertengesprächs werden folgende Rahmenbedingungen für die Etablierung des ThOZ vorgeschlagen:

- Das ThOZ soll als neutrale, unabhängige und virtuelle Einrichtung etabliert werden.
- Die Organisationsform sollte privatwirtschaftlich ausgerichtet werden mit einer Anschubfinanzierung für mindestens 2 bis 3 Jahre. Für den nachfolgenden längerfristigen Betrieb soll ein Geschäftsmodell entwickelt werden, das privatwirtschaftliche Erträge generiert. Ggf. ist zusätzlich eine degressive Förderung vorzusehen.
- Die Leitung des ThOZ sollte ein Generalist übernehmen, der die Entwicklung des ThOZ als Kümmerer aktiv vorantreibt.
- Das ThOZ sollte auf die Anforderungen von KMU ausgerichtet sein und entsprechende Anfragen nachverfolgen und koordinieren, aber auch selbst aktiv auf die KMU zugehen. Für die Vermittlung werden Best Practice Beispiele als wichtig erachtet.

Als wichtigste Aufgabe des ThOZ werden die Beratung und die Kontaktvermittlung bezüglich Anfragen von KMU benannt. Weitere Aspekte eines möglichen Dienstleistungsspektrums des ThOZ sind die Durchführung von Präsenzveranstaltungen, die Vorbereitung von Forschungsanträgen, die Durchführung von Potenzial- und Machbarkeitsanalysen, die Vermittlung der Nutzung von Technologien der Partner untereinander sowie die Beobachtung von Markttrends. Weiterhin könnte das ThOZ gemeinsam mit der LEG dazu beitragen, die FuE-Aktivitäten im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien zu stärken, wofür sicherlich auch Ansiedlungsprojekte wichtig wären.

Es wird vorgeschlagen, den Erfolg des ThOZ nach zweieinhalb Jahren zu überprüfen, um diese infrastrukturelle Maßnahme für die Zukunft weiter auszurichten.

5.2.3 Ergänzung durch direkte Projektförderung

Für eine ergänzende direkte Projektförderung bieten sich europäische, nationale und regionale Förderprogramme an. Erfahrene Akteure im Bereich Forschung und Entwicklung aus Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen nutzen Förderprogramme der EU sowie Förderschwerpunkte in Deutschland für ihre FuE-Projekte. Das trifft auch auf den Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien zu. Beispielphaft seien hier genannt:

- Horizon 2020
 - Call for nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Production, Topic NMBP-01-2016: Novel hybrid materials for heterogeneous catalysis
 - Call “Industry 2020 in the Circular Economy”, Topic PILOTS-02-2016: Pilot Line Manufacturing of Nanostructured Antimicrobial Surfaces using Advanced Nanosurface Functionalization Technologies oder Topic PILOTS-03-2017: Pilot Lines for Manufacturing of Nanotextured surfaces with mechanically enhanced properties
- BMBF-Programm „Vom Material zur Innovation“
 - M-Era.Net II Call 2017: "Materialwissenschaft und Werkstofftechnologien" – Themenschwerpunkt: Smart Textiles
 - ERA-NET M-Era.Net II Call 2017: "Materialwissenschaft und Werkstofftechnologien" – Themenschwerpunkt: Materialien für die Additive Fertigung
 - Hochleistungsmaterialien für effiziente umweltfreundliche Antriebssysteme – HoMAS
 - Nanoskalige Carbon-Werkstoffe – Von der Grundlagenforschung in die industrielle Anwendung (NanoC)
 - KMU-innovativ: Materialforschung (ProMat_KMU)

Aber auch die Möglichkeiten der Thüringer Aufbaubank zur Förderung regionaler Vorhaben sollten genutzt werden. Hier bieten sich folgende zwei Förderrichtlinien an:

- Förderung der Forschungs- und Entwicklungsintensität in Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen (FuE-Personal-Richtlinie)
- Förderung von Forschungs-, Technologie- und Innovationsprojekten (FTI-Richtlinie)

Gerade für KMU bis hin zu Kleinstunternehmen bietet die FuE-Personal-Richtlinie Möglichkeiten für qualifiziertes bzw. FuE-Personal. Gerade vor dem Hintergrund der o. g. Stärken bzgl. der notwendigen Querschnittskennnisse sollte dies für die Grenz- und Oberflächentechnologien genutzt werden.

Die Initiierung von Forschergruppen als sogenannte Keimzelle für neuartige Grenz- und Oberflächentechnologien sollte ebenfalls gefördert werden.

6. Anlagen

- 6.1 Interviewleitfaden für Unternehmen**
- 6.2 Interviewleitfaden für Forschungseinrichtungen**
- 6.3 Teilnehmerliste Expertengespräch/Arbeitsworkshop „Diskussion Zwischenergebnisse“**
- 6.4 Ergebnisdokumentation des Expertengesprächs**
- 6.5 Vortrag bei den 12. ThGOT (Thementage Grenz- und Oberflächentechnik)**
- 6.6 Tabellarische Übersicht zu Forschungseinrichtungen der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen**

Interviewleitfaden: Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

I) Allgemeine Fragen zum Unternehmen

1. Was genau ist die Tätigkeit Ihres Unternehmens? Welche Produkte und Dienstleistungen bieten Sie an?
2. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?
3. Was sind Ihre wichtigsten Geschäftsfelder?

Können Sie diese in die folgenden Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS-3 einordnen? Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

- Industrielle Produktion und Systeme
- Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik
- Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft
- Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung
- Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen

4. Wo hat Ihr Unternehmen Standorte in Thüringen / Deutschland?
5. In welche Länder exportiert Ihr Unternehmen? Aus welchen Ländern erhalten Sie Importe?
6. *Wie viele Mitarbeiter sind an dem Standort beschäftigt, an dem Sie tätig sind?*¹
7. *Wie hoch war Ihr Umsatz in den vergangenen drei Jahren?*¹
8. Ist bei Ihrem Unternehmen eine Unternehmensnachfolge zu regeln? Steht diese demnächst an?
9. Wann wurde Ihr Unternehmen gegründet?
Falls Sie in den letzten 15 Jahren gegründet worden, über welchen Prozess erfolgte das bzw. welches Förderinstrument unterstützte hierbei?

¹ Nur falls nicht durch vorab Recherche (Bundesanzeiger, Geschäftsberichte, etc.)] ermittelbar

II) Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien

10. In welchen Branchen sehen sie die Bedeutung des Einsatzes von Grenz- und Oberflächentechnologien auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Branche	Bedeutung generell	Bedeutung speziell für Thüringen	Zukünftige Bedeutung (3-5 Jahre)
Herstellung von chemischen Erzeugnissen			
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen			
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren			
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik			
Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse			
Datenverarbeitungsgeräte			
Elektrotechnik			
Optik			
Maschinenbau			
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen			
Energieversorgung			
Textil			
Papier / Verlag / Druckgewerbe			
Holz / Möbel			
Baumaterialien			

11. In welchen Produkten und Prozessen spielen Grenz- und Oberflächentechnologien in Ihrem Unternehmen eine wichtige oder sogar entscheidende Rolle?

12. Welche Bedeutung haben Verfahren der Schichtherstellung für Ihr Unternehmen? Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Verfahren	Aktuell	Zukünftig (3-5 Jahre)
CVD		
PVD		
Laser-Verfahren		
Galvanotechnik		
Sol-Gel-Verfahren		
Tauch-/Spritzverfahren		
ALD		
Pulverbeschichtungsverfahren		
Sonstige: _____		

13. In welchen Bereichen der Wertschöpfungskette ist ihr Unternehmen in den Grenz- und Oberflächentechnologien aktiv?

- a) Forschung und Entwicklung
- b) In-House Anwendung von Beschichtungslösungen
- c) Zukauf von externen Beschichtungslösungen
- d) Anbieter von Beschichtungslösungen
- e) Sonstiges

14. Wie relevant schätzen Sie folgende Trends der Grenz- und Oberflächentechnologien auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant) ein?

Trend	Für Ihr Unternehmen (aktuell)	Für Thüringen (aktuell)	Zukünftig für Gesamtmarkt (3-5 Jahre)
Technologische Trends			
Aktive Schichten (z.B. Photokatalyse, Selbstreinigung)			
Anti-adhäsive Schichten (z.B. für Entformbarkeit, Reinigung)			
Funktionsschichten mit Strukturen zur Eigenschaftsoptimierung			

Selbsteilende Schichten (aktive und passive Regeneration)			
Schaltbare Schichten mit reversiblen Eigenschaftsänderungen			
Simulation von Oberflächeneigenschaften			
Simulation von Beschichtungsprozessen			
Hybride Schichten (Materialkombinationen, Gradienten)			
Biofunktionale Schichten, auch antimikrobielle Schichten			
Diagnostische/therapeutische Schichten			
Bionische Beschichtungen			
Klebertechniken/Folierung			
Weitere: _____			
Materialtrends			
Multimaterialsysteme (neue Materialkombinationen und Fügeprozesse)			
2D-Materialien (z.B. Graphen)			
Biomaterialien/ nachwachsende Rohstoffe			
Druckbare Elektronik (z.B. Drucktinten, organische Halbleiter)			
Weitere: _____			
Anwendungsbezogene Trends			
Green Energy (z. B. Energiespeicher und –wandler)			
Ressourceneffizienz (Haltbarkeit, Materialeinsparung, Leichtbau)			
Gesundheit (z.B. biokompatible Implantate, antibakteriell)			
Robotik/Industrie 4.0 (z. B. Sensorik, Aktorik, taktile Oberflächen)			
Digitalisierung			
Sicherheit (z. B. Zustandsmonitoring von Bauteilen)			
Ersatz toxischer Stoffe (z. B. Cr(VI), Cadmium, Lösemittel)			
Generative Fertigung / Losgröße 1			
Weitere: _____			

15. Was sind Ihre Alleinstellungsmerkmale v.a. mit Blick auf die Anwendung der oben genannten Grenz- und Oberflächentechnologien?
16. Wie wichtig ist die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien für Ihren Umsatz?
- unter 10 %
 - 10 % - 30 %
 - 30 % - 50 %
 - über 50 %
17. Hat Ihr Unternehmen eine eigene FuE-Abteilung? Wenn ja,
- Wie viele Mitarbeiter sind dort beschäftigt?
 - Wo liegen ihre aktuellen FuE-Schwerpunkte, v.a. mit Blick auf die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien?
18. Welche Anforderungen stellen sich an Personal und Weiterbildungen? Haben Sie Schwierigkeiten genügen Auszubildende / Fachkräfte zu finden?
19. Welches sind Ihre wichtigsten Wettbewerber im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien? In welchen Regionen haben Ihre wichtigsten Wettbewerber Standorte?
- in Thüringen:
 - in Deutschland:
 - in Europa:
 - weltweit:
20. Besteht im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien eine Forschungs- bzw. Entwicklungskooperation Ihres Unternehmens mit...
- Universitäten und Fachhochschulen
 - Forschungsinstituten
 - Clustern / Netzwerken / Verbänden
 - anderen Unternehmen (Großunternehmen / KMU)
21. Aus welchen Regionen kommen Ihre Kooperationspartner?

22. Wie schätzen sie Forschungs- und Entwicklungsposition der jeweiligen Region im Bereich Grenz- und Oberflächentechnologien ein?

Technologie	Thüringen	Andere Region	D	Europa	USA	Asien
Allgemein OT						
Teilbereich (*): _____						

(*) – hier werden die drei relevantesten Teilbereiche für das jeweilige Unternehmen/Institution aus den Fragen 12 und 14 abgefragt.

III) Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien, speziell in Thüringen

In Thüringen wäre ein "virtuelles Thüringer Oberflächenzentrums (ThOZ)" geplant. Gemeinsam mit regionalen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Handwerk soll perspektivisch eine Technologieplattform auf dem Gebiet der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen entstehen, die mit wirtschaftlichem Fokus und interdisziplinären Innovationen deutschlandweit und darüber hinaus Bedeutung erhält.

23. Können Sie sich vorstellen, das Dienstleistungsspektrum des ThOZ in Anspruch zu nehmen?

- a. Wenn ja, an welchen Dienstleistungen des ThOZ wären Sie besonders interessiert?
- b. Können Sie sich vorstellen, Dienstleistungen für das ThOZ anzubieten? Wenn ja, welche?

24. Welche Relevanz haben Grenz- und Oberflächentechnologien für Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS-3 Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Spezialisierungs- und Querschnittsfelder	Aktuell	Zukünftig (3-5 Jahre)
Industrielle Produktion und Systeme		
Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik		
Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft		
Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung		
Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen		

25. Was sind die Alleinstellungsmerkmale und Spezialisierungsvorteile im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens?

26. Wo liegen die größten Herausforderungen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien für Thüringen?

Interviewleitfaden: Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

I) Allgemeine Fragen zur Einrichtung

1. Was sind die Tätigkeitsschwerpunkte Ihrer Einrichtung? Welche Produkte und Dienstleistungen bieten Sie an?
2. Mit Unternehmen aus welchen Branchen arbeitet Ihre Institution am intensivsten zusammen?

Können Sie diese in die folgenden Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS-3 einordnen? Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

- Industrielle Produktion und Systeme
- Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik
- Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft
- Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung
- Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen

3. Wo hat Ihre Einrichtung Standorte in Thüringen / Deutschland?
4. Wie viele Mitarbeiter sind an dem Standort beschäftigt, an dem Sie tätig sind?
5. Hat ihre Institution in den letzten 15 Jahren Start-ups ausgegründet? Wenn ja, über welchen Prozess erfolgte das bzw. welches Förderinstrument unterstützte hierbei? Sind Ausgründungen aktuell oder in näherer Zukunft geplant (3-5 Jahre)?

II) Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien

6. In welchen Branchen sehen sie die Bedeutung des Einsatzes von Grenz- und Oberflächentechnologien auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Branche	Bedeutung generell	Bedeutung speziell für Thüringen	Zukünftige Bedeutung (3-5 Jahre)
Herstellung von chemischen Erzeugnissen			
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen			
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren			
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik			
Metallerzeugung und -bearbeitung / Metallerzeugnisse			
Datenverarbeitungsgeräte			
Elektrotechnik			
Optik			
Maschinenbau			
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen			
Energieversorgung			
Textil			
Papier / Verlag / Druckgewerbe			
Holz / Möbel			
Baumaterialien			

7. In welchen Bereichen spielen Grenz- und Oberflächentechnologien für Ihre Einrichtungen eine wichtige oder sogar entscheidende Rolle?

8. Welche Bedeutung haben Verfahren der Schichtherstellung in Ihren Projekten? Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Verfahren	Aktuell	Zukünftig (3-5 Jahre)
CVD		
PVD		
Laser-Verfahren		
Galvanotechnik		
Sol-Gel-Verfahren		
Tauch-/Spritzverfahren		
ALD		
Pulverbeschichtungsverfahren		
Sonstige: _____		

9. Wie relevant schätzen Sie folgende Trends der Grenz- und Oberflächentechnologien auf einer Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant) ein?

Trend	Für Ihre Einrichtung (aktuell)	Für Thüringen (aktuell)	Zukünftig für Gesamtmarkt (3-5 Jahre)
Technologische Trends			
Aktive Schichten (z.B. Photokatalyse, Selbstreinigung)			
Anti-adhäsive Schichten (z.B. für Entformbarkeit, Reinigung)			
Funktionsschichten mit Strukturen zur Eigenschaftsoptimierung			
Selbsteheilende Schichten (aktive und passive Regeneration)			
Schaltbare Schichten mit reversiblen Eigenschaftsänderungen			
Simulation von Oberflächeneigenschaften			
Simulation von Beschichtungsprozessen			
Hybride Schichten (Materialkombinationen, Gradienten)			
Biofunktionale Schichten, auch antimikrobielle Schichten			

Diagnostische/therapeutische Schichten			
Bionische Beschichtungen			
Klebertechniken/Folierung			
Weitere:_____			
Materialtrends			
Multimaterialsysteme (neue Materialkombinationen und Fügeprozesse)			
2D-Materialien (z.B. Graphen)			
Biomaterialien/ nachwachsende Rohstoffen			
Druckbare Elektronik (z.B. Drucktinten, organische Halbleiter)			
Weitere:_____			
Anwendungsbezogene Trends			
Green Energy (z. B. Energiespeicher und –wandler)			
Ressourceneffizienz (Haltbarkeit, Materialeinsparung, Leichtbau)			
Gesundheit (z.B. biokompatible Implantate, antibakteriell)			
Robotik/Industrie 4.0 (z. B. Sensorik, Aktorik, taktile Oberflächen)			
Digitalisierung			
Sicherheit (z. B. Zustandsmonitoring von Bauteilen)			
Ersatz toxischer Stoffe (z. B. Cr(VI), Cadmium, Lösemittel)			
Generative Fertigung / Losgröße 1			
Weitere:_____			

10. Was sind Ihre Alleinstellungsmerkmale v.a. mit Blick auf die Anwendung der oben genannten Grenz- und Oberflächentechnologien?

11. Wo liegen ihre aktuellen FuE-Schwerpunkte, v.a. mit Blick auf die Anwendung von Grenz- und Oberflächentechnologien?

12. Besteht im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien eine Forschungs- bzw. Entwicklungskooperation Ihrer Einrichtung mit...

- a. Universitäten und Fachhochschulen
- b. Forschungsinstituten
- c. Clustern / Netzwerken / Verbänden
- d. Unternehmen (Großunternehmen / KMU)

13. Aus welchen Regionen kommen Ihre Kooperationspartner?

14. Wie schätzen sie Forschungs- und Entwicklungsposition der jeweiligen Region im Bereich Grenz- und Oberflächentechnologien ein?

Technologie	Thüringen	Andere Region	D	Europa	USA	Asien
Allgemein OT						
Teilbereich (*): _____						

(*) – hier werden die drei relevantesten Teilbereiche für die jeweilige Institution aus den Fragen 12 und 14 abgefragt.

III) Fragen zu Grenz- und Oberflächentechnologien, speziell in Thüringen

In Thüringen wäre ein "virtuelles Thüringer Oberflächenzentrum (ThOZ)" geplant. Gemeinsam mit regionalen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Handwerk soll perspektivisch eine Technologieplattform auf dem Gebiet der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen entstehen, die mit wirtschaftlichem Fokus und interdisziplinären Innovationen deutschlandweit und darüber hinaus Bedeutung erhält.

15. Können Sie sich vorstellen, das Dienstleistungsspektrum des ThOZ in Anspruch zu nehmen?
- a. Wenn ja, an welchen Dienstleistungen des ThOZ wären Sie besonders interessiert?
 - b. Können Sie sich vorstellen, Dienstleistungen für das ThOZ anzubieten? Wenn ja, welche?
16. Welche Relevanz haben Grenz- und Oberflächentechnologien für Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS-3 Skala von 1 bis 5 (1: nicht relevant, 5: sehr relevant)

Spezialisierungs- und Querschnittsfelder	Aktuell	Zukünftig (3-5 Jahre)
Industrielle Produktion und Systeme		
Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik		
Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft		
Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung		
Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen		

17. Was sind die Alleinstellungsmerkmale und Spezialisierungsvorteile im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien Thüringens?
18. In welchen Regionen befinden sich die wichtigsten Forschungsinstitutionen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien?
- a. in Thüringen:
 - b. in Deutschland:
 - c. in Europa:
 - d. weltweit:
19. Welche Anforderungen stellen die Unternehmen in Thüringen an Personal und Weiterbildungen? Gibt es Schwierigkeiten genügend Mitarbeiter zu finden?
20. Wo liegen die größten Herausforderungen im Bereich der Grenz- und Oberflächentechnologien für Thüringen?

Teilnehmerliste

Arbeitsworkshop „Diskussion der Zwischenergebnisse“ Studie „Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen“

Datum/Zeit: 13.12.2016, 09.00 - 13.00 Uhr
Ort: ComCenter Brühl, Mainzerhofstraße 10, 99084 Erfurt
Leitung der Sitzung: VDI TZ; Dr. Ralf Fellenberg

Nr.	Titel	Name	Vorname	Institution
1	Prof.	Brunner	Robert	EAH Jena
2	Prof.	Bund	Andreas	Technische Universität Ilmenau
3		Dieser	Alexander	LEG Thüringen
4	Prof.	Dietzek	Benjamin	Leibniz-Institut für Photonische Technologien e. V.
5		Dreuse	Heike	Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar
6	Dr.	Fellenberg	Ralf	VDI Technologiezentrum GmbH
7	Dr.	Frant	Marion	Institut für Bioprocess- und Analysenmesstechnik e.V.
8		Fromm	Timo	Universität Erlangen-Nürnberg
9	Dr.	Geilfuss	Jürgen	LEG Thüringen
10	Dr.	Gleiche	Michael	VDI Technologiezentrum GmbH
11	Dr.	Grünler	Bernd	INNOVENT e.V.
12		Hanf	Robert	j-fiber GmbH
13	Prof.	Heinemann	Klaus	Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff- Forschung e.V. (TITK)
14	Prof.	Hofmann	Dietrich	SpectroNet - International Collaboration Cluster
15	Prof.	Kaiser	Norbert	Fraunhofer IOF
16	Dr.	Krischok	Stefan	TU Ilmenau
17	Dr.	Neudeck	Andreas	Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. (TITV)
18	Dr.	Reich	Steffen	GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.
19	Dr.	Reuß	Karsten	VDI Technologiezentrum GmbH
20	Dr.	Schindler	Klaus	OptoNet e.V. - Photoniknetzwerk Thüringen
21	Dr.	Voigt	Ingolf	Fraunhofer IKTS
22		Wiechmann	Volker	medways e.V.
23	Dr.	Wlotzka	Britta	LEG Thüringen
24		Zielke	Corinna	ART-KON-TOR

Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

Anmerkungen zum World Café

**Expertengespräch
Erfurt, 13.12.2016**

Dr. Ralf Fellenberg, Dr. Michael Gleiche, Dr. Karsten Reuß
VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

Was ist ein World Café?

interaktive Workshop-Methode

- Intensiver Austausch und Reflexion
- Betroffene bringen sich ein
- Gemeinsame Ziele und Strategien entwickeln
- Veränderungsprozesse anstoßen
- Fördert Selbstentwicklung, Selbststeuerung und Selbstorganisation
- Macht den Leistungsvorteil der Gruppe sichtbar und die Stärke der Gruppe erlebbar

Seite 2 / VDI TZ GmbH / 13.12.2016

Regeln für die Teilnehmer des World Café

- Wechseln Sie den Tisch nach jeder Runde, aber keine geschlossenen Gruppenwechsel
- Jeder Teilnehmer sollte jeden Tisch einmal aufsuchen.
- Bringen Sie sich am Tisch ein.
- Seien Sie ein guter Zuhörer. Teilen Sie mit den anderen Ihre Ideen, Erfahrungen und Gedanken.
- Nutzen Sie die Tischdecke als Malfläche.
 - Schreiben, skizzieren, kritzeln und malen Sie Ihre Ideen und Erkenntnisse auf.
 - Verbinden und vernetzen Sie Ideen.

Fragestellungen für die Teilnehmer

Tisch 1 (Moderator: Dr. Ralf Fellenberg)

- Welche Aufgaben/welches Dienstleistungsspektrum sollte ein virtuelles Thüringer Oberflächenzentrum (ThOZ) haben?

Tisch 2 (Moderator: Dr. Michael Gleiche)

- Was bedeuten die technologischen Trends für Thüringen auf der Basis der bisherigen Ergebnisse?

Tisch 3 (Moderator: Dr. Karsten Reuß)

- Wie kann die Vernetzung und der Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Thüringen verbessert werden? (Innovationshemmnisse, Kooperationen...)

Fragestellungen für die Teilnehmer

Bewertung am Poster

Welche Aufgabe/Dienstleistung eines virtuellen ThOZ wäre für sie am relevantesten?

- Internet-Kompetenzkarte mit detailliertem Akteursprofilen zu Oberflächentechnologien
- Präsenzveranstaltungen zum persönlichen Erfahrungsaustausch und Vernetzung
- Instituts-/Firmenbesichtigungen zur Vertiefung von Methodenkenntnissen
- Organisation/Realisierung von Messeauftritten
- Persönliche Beratung und Kontaktvermittlung bei Anfragen aus Industrie/Forschung
- Unterstützung bei der Vorbereitung von Forschungsanträgen
- Potenzial- und Machbarkeitsanalysen zu Oberflächentechnologien für Industriekunden
- Regelmäßige Informationen zu aktuellen Markttrends
- Beschichtungslösungen
- Messtechnik
- Simulation

Ergebnisse der Bewertung am Poster

Welche Aufgabe/Dienstleistung eines virtuellen ThOZ wäre für sie am relevantesten? (grün = 2 Punkte, gelb = 1 Punkt)

- | | |
|---|-----------|
| ▪ Beratung und Kontaktvermittlung | 25 Punkte |
| ▪ Präsenzveranstaltungen | 4 Punkte |
| ▪ Vorbereitung von Forschungsanträgen | 4 Punkte |
| ▪ unkomplizierte Nutzung der Technologien der Partner untereinander | 4 Punkte |
| ▪ Potenzial- und Machbarkeitsanalysen | 3 Punkte |
| ▪ Markttrends | 2 Punkte |
| ▪ Beschichtungslösungen | 2 Punkte |
| ▪ Internet-Kompetenzkarte | 2 Punkte |
| ▪ Simulation | 2 Punkte |
| ▪ ThOZ als Technologiezentrum „Geben und Nehmen“ | 2 Punkte |
| ▪ Instituts-/Firmenbesichtigungen | 0 Punkte |
| ▪ Messeauftritte | 0 Punkte |
| ▪ Messtechnik | 0 Punkte |

Ergebnisse Tisch 1 – virtuelles ThOZ

wichtigste Punkte

- ThOZ hat nicht die Aufgaben eines Instituts (Neutralität muss gegeben sein!)
- Privatwirtschaftlich (mit Anschubfinanzierung, mind. 2 Jahre)
- Geschäftsmodell entwickeln für Langfristigkeit
- Generalist / Kümmerer an der Spitze
- Nachverfolgen von Anfragen
- Best Practice Beispiele wichtig
- KMU im Fokus
- ...

Ergebnisse Tisch 2 – technologische Trends

wichtigste Punkte

- PVD hat besonders hohe Relevanz, auch künftig
- ALD hat steigende Bedeutung
- Haftvermittlerschichten haben eine hohe Relevanz
- Barrierschichten sind ein wichtiger Trend
- Rolle-zu-Rolle-Verfahren (Wirtschaftlichkeit)
- „Sensorische Schichten“ / Funktionsintegrierte Schichten
- Schaltbare Schichten/Hybride Schichten/schaltbare Materialien
- Reinigung von Oberflächen / Sterilisationsfähigkeit
- ...

Ergebnisse Tisch 3 – Rahmenbedingungen Weiterentwicklung der OT

wichtigste Punkte

- Vernetzen: Informationsbarrieren überwinden: „technologische Anforderungen“ und „Generationenwechsel“
- Zweckbindung (EFRE) kann hemmend auf Wissenstransfer wirken
- Verbesserung Transfer durch ThOZ:
 - hohe Relevanz von „Vertrauen“ (z.B. Datenschutz in Satzung)
 - wichtige Bedeutung eines Kümmerers / Netzwerkers
 - Anreize setzen, Prämien für Vermittler?, Nutzen für Kunden
 - öffentlich vs. privat
 - Komplementarität der Dienstleistungen zu Infos im Internet
 - branchenübergreifend (Funktion als „Übersetzer“)

Ergebnisse der aktuellen Studie „Potenziale von Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen“

**12. Thementage Grenz- und Oberflächentechnik
14. März 2017**

Dr. Ralf Fellenberg, Dr. Michael Gleiche, Dr. Raimund Glitz,
Dr. Wolfgang Luther, Dr. Karsten Reuß
VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

Gliederung

- Ausgangssituation
- Durchführung der Studie / Methodik
- erste Auswertung Unternehmensdatenbank
- Bezüge zur Regionalen Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS3 Thüringen)
- Umfrageergebnisse
- erste SWOT-Analyse
- ThOZ – Thüringer Oberflächenzentrum

Fertigstellung der Studie: Mai 2017

Akteurslandschaft in Thüringen



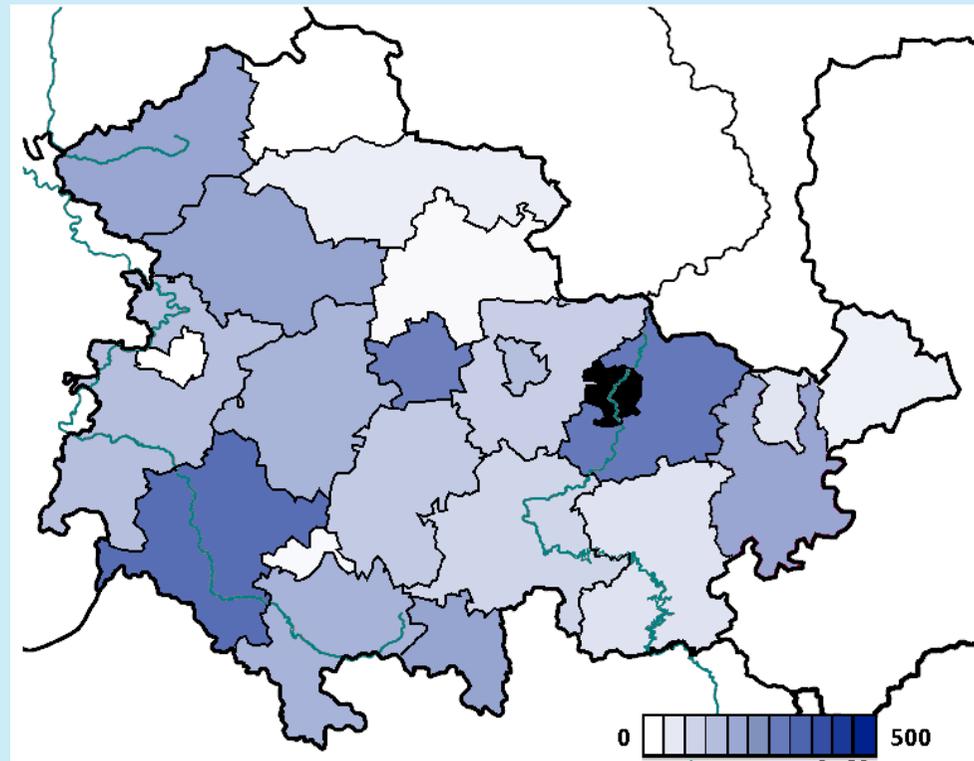
Durchführung der Studie / Methodik

- Ist-Analyse
- Auswertung relevanter Dokumente, u. a. Regionale Forschungs- und Innovationsstrategie (RIS3 Thüringen)
- Fortschreibung der Studie „Zukunftsperspektive Dünnschichttechnologie“ (2007)
- Umfrage anhand eines Interviewleitfadens
- Expertengespräch
- Auswertung aus der Unternehmensdatenbank

Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

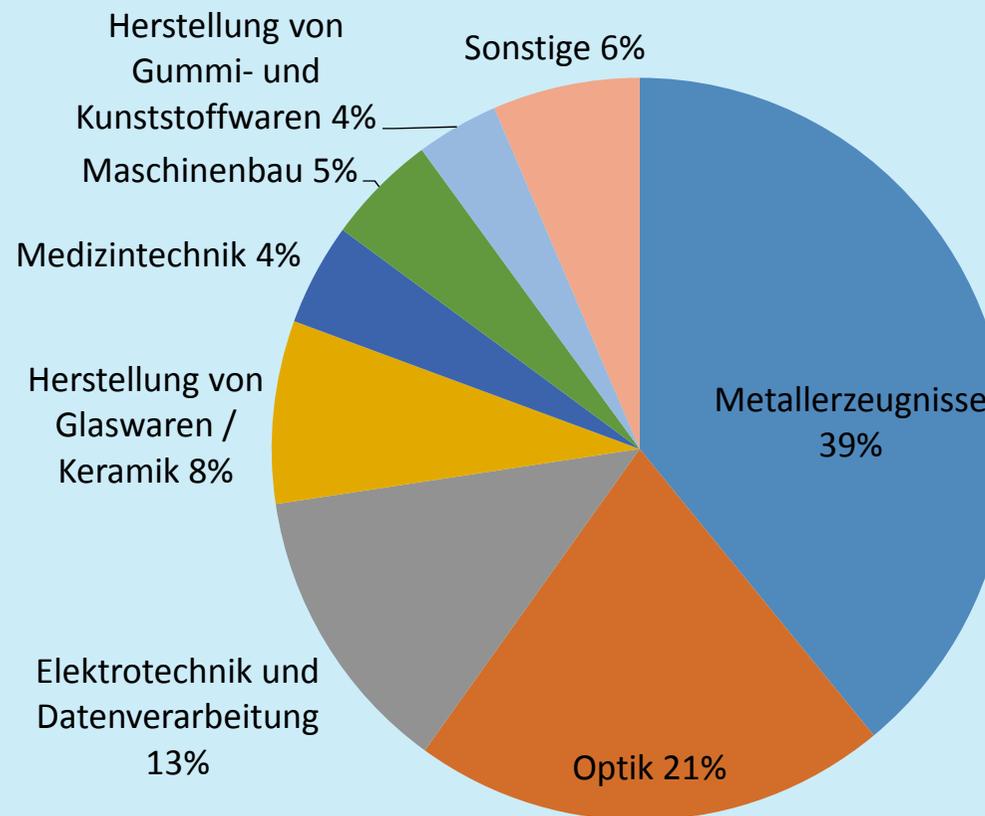
- 163 Unternehmen mit 15.200 Beschäftigten in Thüringen und rund 2 Mrd. Euro Umsatz
- 177 Thüringer Standorte
- ~ 4.000 Beschäftigte direkt in Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen
- Regionale Schwerpunkte: Jena, Schmalkalden-Meiningen, Saale-Holzland, Erfurt, Eichsfeld, Unstrut-Hainich, Sonneberg, Greiz

Beschäftigte nach NUTS 3 Regionen:



Quelle: VDI TZ Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien

Beschäftigte in Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen nach Wirtschaftszweigen



Quelle: VDI TZ Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien

Umsatz pro Beschäftigte in Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen nach Wirtschaftszweigen



Beispiele von Unternehmen der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen (inkl. Töchter)

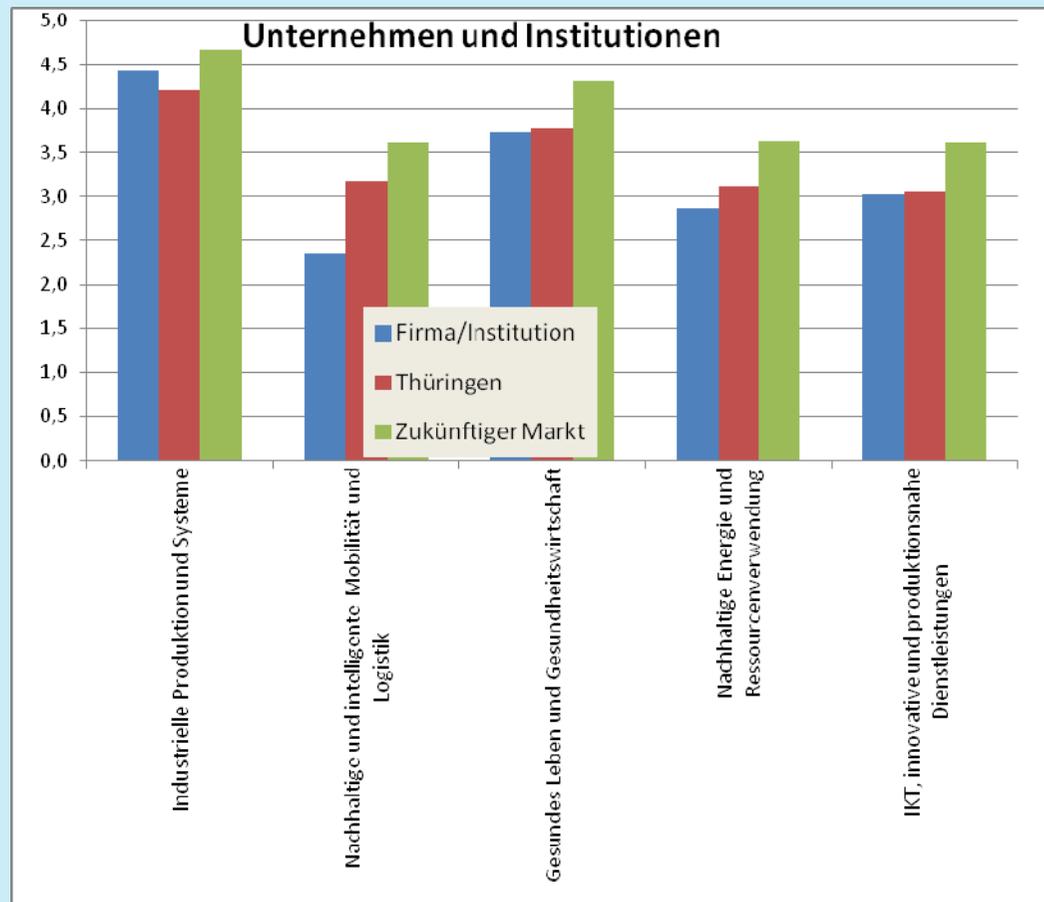
Name	Standorte in Thüringen	Branche	Beschäftigte in GOT	Umsatz in GOT
Jenoptik	Jena, Eisenach	Optik	~ 500	~ 100 Mio. €
X-FAB Silicon Foundries	Erfurt	Elektrotechnik	~ 250	~ 30 Mio. €
Carl Zeiss	Jena	Optik, Messtechnik	~ 150	~ 30 Mio. €
Dipl.-Ing. Heinrich Leist Oberflächentechnik	Fambach	Metallerzeugnisse	~ 150	~ 15 Mio. €
MG Oberflächensysteme	Heiligenstadt	Metallerzeugnisse	~ 125	~ 10 Mio. €
Schott AG	Jena	Glas, Optik	~ 110	~ 25 Mio. €
WIEGAND	Schlotheim	Werkzeugmaschinen	~ 100	~ 10 Mio. €

Quelle: VDI TZ Unternehmensdatenbank zu Grenz- und Oberflächentechnologien (GOT)

Spezialisierungs- und Querschnittsfelder der Thüringer Forschungs- und Innovationsstrategie RIS-3

- Industrielle Produktion und Systeme
- Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik
- Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft
- Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung
- Informations- und Kommunikationstechnologien, innovative und produktionsnahe Dienstleistungen

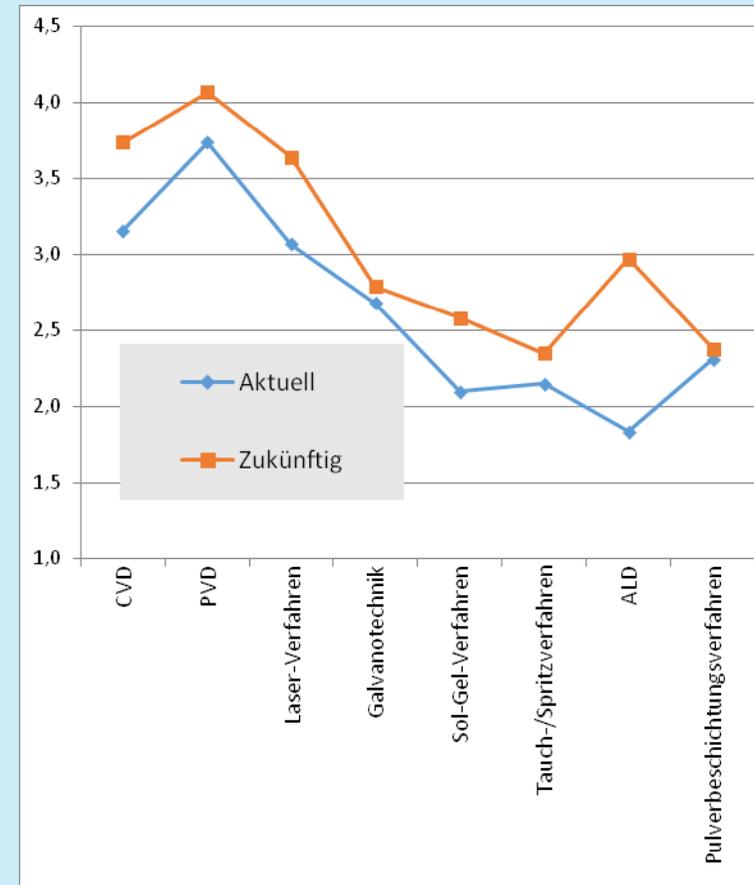
Bezug Grenz- und Oberflächentechnologien zur RIS-3



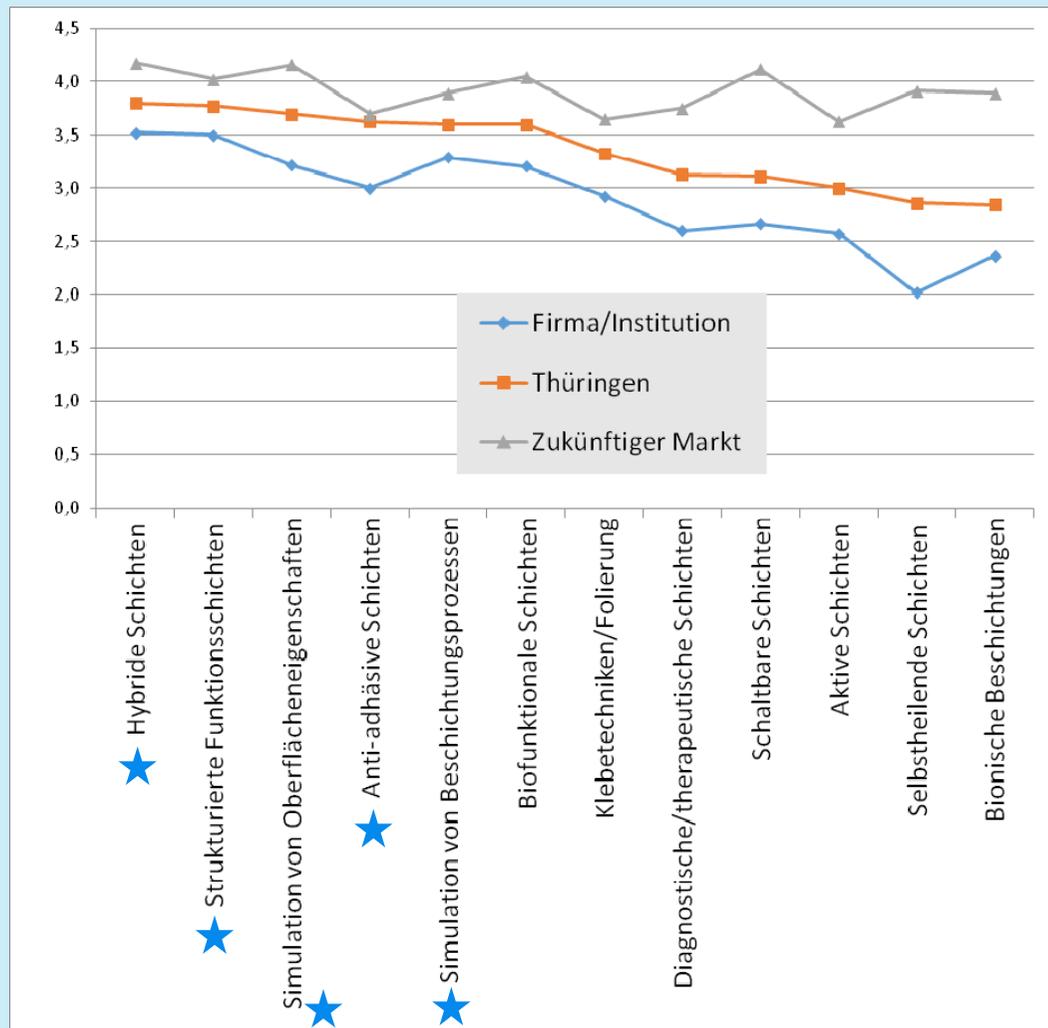
- Größte Bedeutung für die Grenz- und Oberflächentechnologien hat das Feld „Industrielle Produktion und Systeme“.
- Die Bedeutung des Feldes „Gesundes Leben und Gesundheitswirtschaft“ wird zukünftig zunehmen.
- Die stärkste Zunahme wird im Spezialisierungsfeld „Nachhaltige und intelligente Mobilität und Logistik“ gesehen.

Verfahren der Schichtherstellung

- CVD
- PVD
- Laser-Verfahren
- Galvanotechnik
- Sol-Gel-Verfahren
- Tauch-/Spritzverfahren
- ALD
- Pulverbeschichtungsverfahren
- Weitere

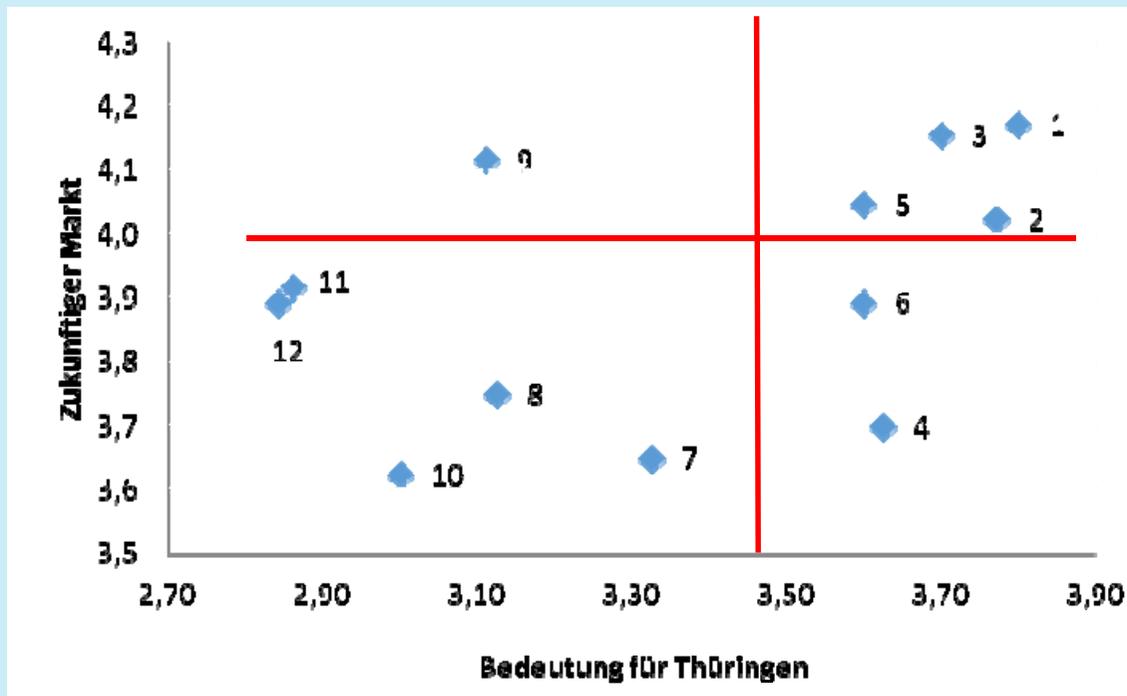


Relevanz verschiedener Oberflächentrends (1)



★ = Top 5 bezogen auf den Durchschnittswert

Relevanz verschiedener Oberflächentrends (2)



Zahlenlegende:

1: Hybride Schichten

2: Strukturierte Funktionsschichten

3: Simulation von Oberflächeneigenschaften

4: Anti-adhäsive Schichten

5: Biofunktionale Schichten

6: Simulation von Beschichtungsprozessen

7: Klebetechniken/ Folierung

8: Diagnostische/therapeutische Schichten

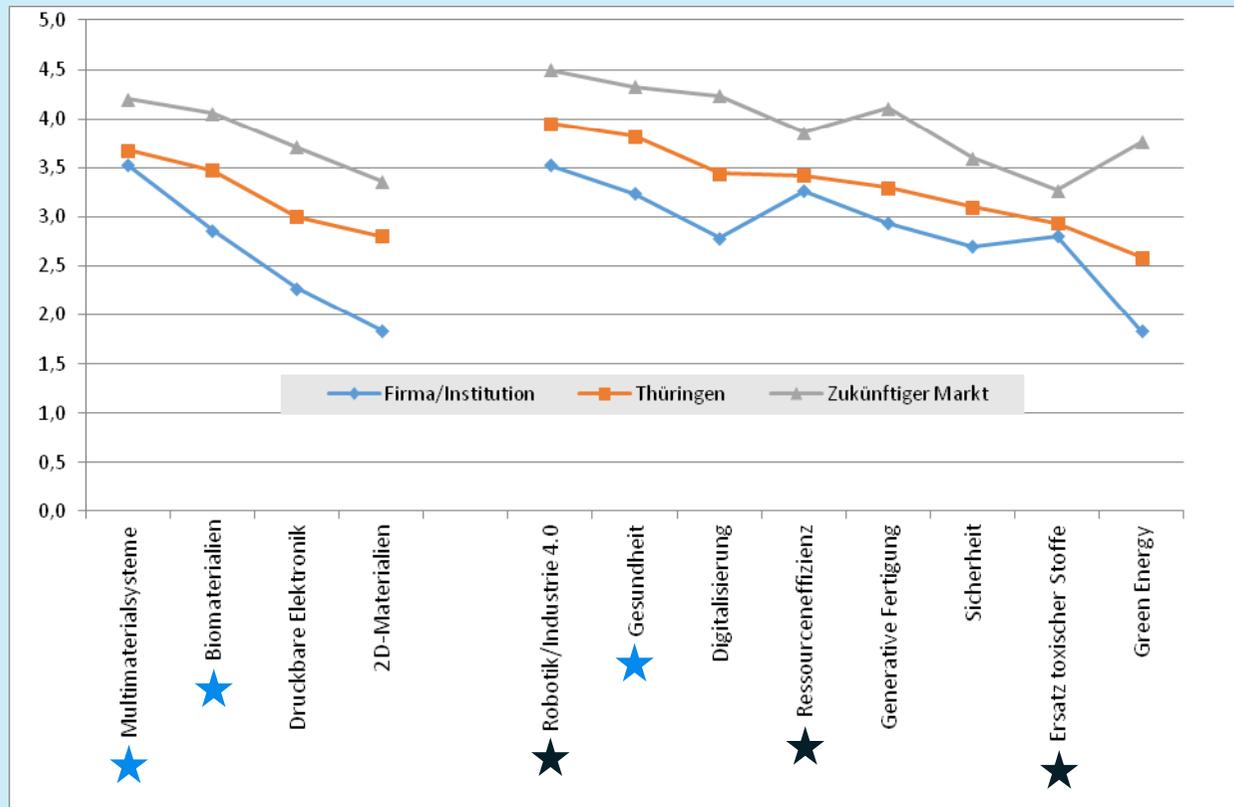
9: Schaltbare Schichten

10: Aktive Schichten

11: Selbstheilende Schichten

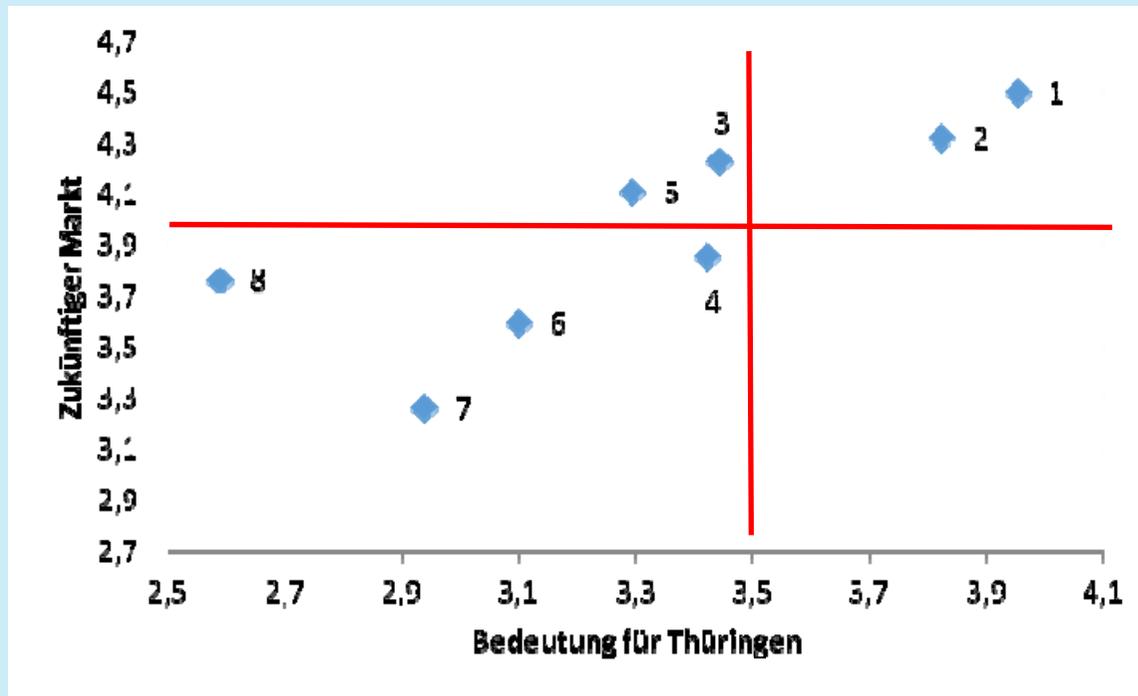
12: Bionische Beschichtungen

Material- und anwendungsbezogene Trends (1)



★ = sehr relevant
★ = relevant

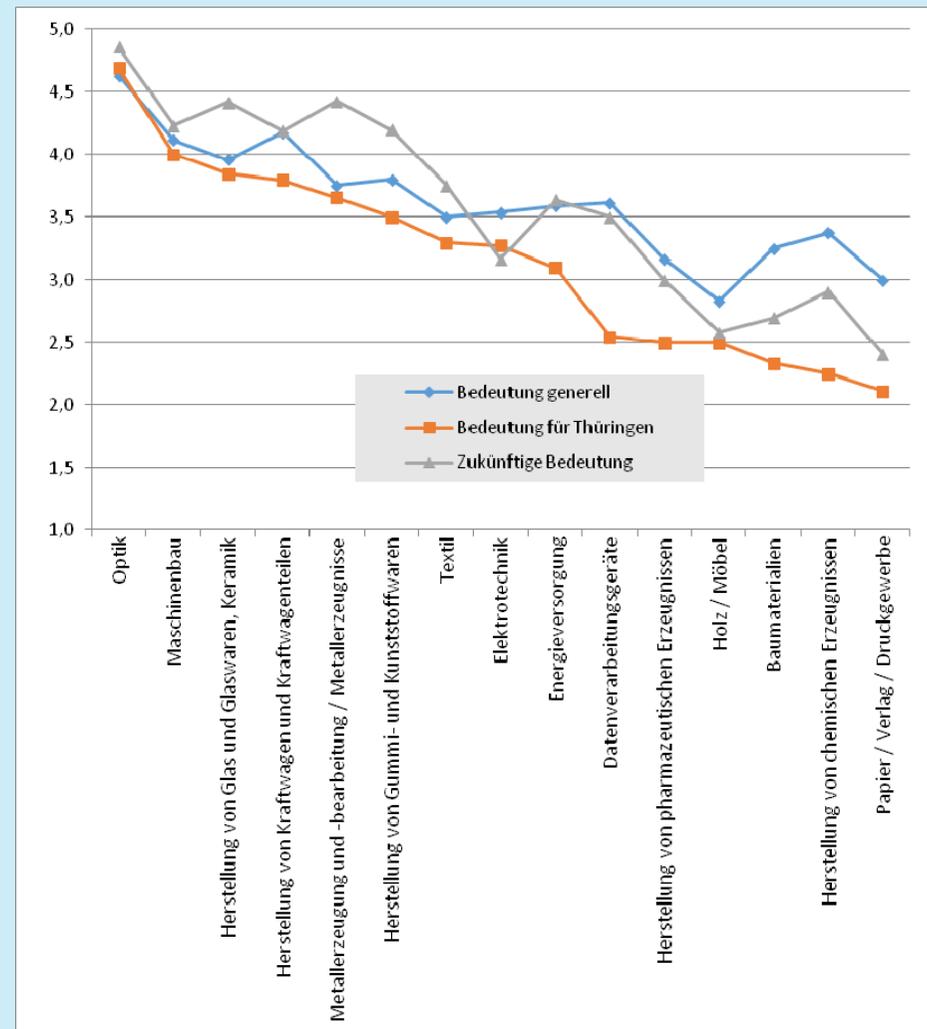
Material- und anwendungsbezogene Trends (2)



Zahlenlegende: 1: Robotik/Industrie 4.0
 2: Gesundheit
 3: Digitalisierung
 4: Ressourceneffizienz
 5: Generative Fertigung
 6: Sicherheit
 7: Ersatz toxischer Stoffe
 8: Green Energy

Branchenbezogene Trends

- Als relevanteste Branche für die Grenz- und Oberflächentechnologien wird die Optik eingeschätzt. Gleiches gilt für die Optikbranche in Thüringen, die in der Anwendung der Oberflächentechnologie als führend in Deutschland eingeschätzt wird. Die Relevanz wird hier künftig auf hohem Niveau weiter wachsen.
- Die TOP 5 der relevantesten Branchen für die Grenz- und Oberflächentechnologien sind:
 - Optik
 - Maschinenbau
 - Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik
 - Metallherzeugung und -bearbeitung / Metallzeugnisse
 - Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen



SWOT-Analyse der Grenz- und Oberflächentechnologien

Stärken

- **Gut ausgebaute Forschungslandschaft**
- **Breites Kompetenzspektrum im Bereich der GOT mit Spezialisierungsfeldern**
- Wertschöpfungsketten und internationale Marktzugänge bei Gläsern/Optiken durch Großkonzerne
- Starker Mittelstand bei Maschinenbau, Metallverarbeitung, Kunststofftechnik
- **KMU geprägte Unternehmensstruktur ermöglicht eine hohe Flexibilität**

Chancen

- **Hohe Dichte an wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen** für beschleunigten Transfer in KMU nutzen
- GOT als Schlüsseltechnologien für die Zukunftsmärkte bei Digitalisierung, Leichtbau, Green Energy und Gesundheit
- **Breiter Innovationsschub durch Übertragbarkeit von Oberflächenlösungen auf andere Branchen**
- Alleinstellungsmerkmale durch neue Beschichtungslösungen

Schwächen

- **noch zu geringe FuE -Intensität**, Fa. teilw. „verlängerte Werkbänke“ oder Produktionsstandorte ohne FuE
- Geringe Unternehmensgröße erschwert Aufbau von FuE
- **Zu geringes landesweites Standortmarketing bzw. Selbstverständnis im Bereich der GOT**
- Eingeschränkte Fördermöglichkeiten im Vergleich zu anderen Bundesländern
- Kooperationskultur und Vernetzungsgedanke bei KMU zum Teil wenig ausgeprägt
- Partner zur Industrieumsetzung oft außerhalb Thüringens

Risiken

- **Drohender Fachkräftemangel für kleine Unternehmen und Forschungsinstitutionen außerhalb industrieller Zentren**
- **GOT erfordern oftmals Querschnittskenntnisse, die im Studium kaum vermittelt werden**
- Regulatorische Hürden in der Medizintechnik bzw. durch REACH und RoHS
- Überführung innovativer GOT in die industrielle Praxis oftmals schwierig

ThOZ – Thüringer Oberflächenzentrum

Welche Aufgabe/Dienstleistung eines virtuellen ThOZ wäre am relevantesten?

- **Beratung und Kontaktvermittlung / Vernetzung**
- Nutzung von Simulations-, Beschichtungs- und Analytik-Know-how (insbesondere für KMU)
- gemeinsame Forschungsprojekte außerhalb des Tagesgeschäfts
- Vorbereitung von Forschungsanträgen
- Potenzial- und Machbarkeitsanalysen / Markttrends
- Internet-Kompetenzkarte, Präsenzveranstaltungen

großer Dank an
Auftraggeber LEG/ThCM
alle Interviewpartner
meine Kollegen vom VDI TZ

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

Tabellarische Übersicht zu Forschungseinrichtungen der Grenz- und Oberflächentechnologien in Thüringen

Universitäre Forschung	Forschungsschwerpunkte	GOT-Kompetenzen
FSU Jena		
<ul style="list-style-type: none"> Abbe Center of Photonics 	nanooptics, laser physics, photonic materials and optical systems	ALD, organische Filme, etc.
<ul style="list-style-type: none"> Otto-Schott Institut für Materialforschung 	Glaschemie, Funktionsgläser, bioinspirierte Materialien und Laser-materialbearbeitung für Anwendungen in den Bereichen Biomaterialien, Energie- und Umwelttechnik	Funktionale Schichten auf Gläsern, Herstellung funktioneller Oberflächen durch Laser (LIPSS, PLD)
<ul style="list-style-type: none"> Jena Center for Soft Matter 	Polymere für den Wirkstofftransport Polymer/Zell-Interaktionen (Partikel, strukturierte bzw. unstrukturierte Filme) Intelligente Materialien, Selbstheilende Materialien	Inkjet-Druck
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie 	Strukturierung und Funktionalisierung von Biointerfaces	Layer-by-Layer (LBL)-Technologie Micro Contact Printing (μ CP), Ink Jet Printing
<ul style="list-style-type: none"> Festkörperphysik 	Organisch-anorganische und organisch-organische Heterostrukturen, Grenzflächeneffekte	Oberflächen- und Dünnschichtanalyse für Forschung und Industrie, MBE, CVD
Ernst-Abbe-Hochschule Jena		
<ul style="list-style-type: none"> Fachbereich SciTec Angewandte Optik 	Mikrooptik, spektrale Sensorik, abbildende Systeme und beleuchtende Systeme, Mottenaugenstrukturen	RIBE und CAIBE, alle Trockenätzprozesse,
<ul style="list-style-type: none"> Fachbereich SciTec - Mikro- und Halbleitertechnologie 	Mikrostrukturierung, Halbleiter	Magnetron-DC-RF Sputtern, Thermisches Bedampfen, auch E-Beam
<ul style="list-style-type: none"> Fachgebiet Fertigungstechnik 	Hartzerspannung (Werkzeug- und Formbau), optimale Gestaltung von Werkzeugen, hinsichtl. Geometrie und Beschichtung	Test von Beschichtungen auf Zerspanungswerkzeugen
TU- Ilmenau		
<ul style="list-style-type: none"> Stiftungsprofessur für Kunststofftechnik an der TU Ilmenau 	Maschinen- und Produktionstechnik, Prozesstechnologie im Kunststoffbereich	Anwendung funktionaler Beschichtungen im Werkzeugbau und bei der Kunststoffverarbeitung
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Werkstofftechnik – Werkstoffe der Elektrotechnik 	Herstellung, Charakterisierung und Modifikation von dünnen Schichten	Charakterisierung von Schichten, MAX-Phasen-Coatings, Adaptive Oberflächen für Hochtemperatur-Anwendungen, Metall-unterstütztes chemisches Ätzen (MaCE) für nanostrukturierte Siliziumoberflächen, Reaktive Mehrschichtsysteme
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Werkstofftechnik - Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik 	Veredlung von Oberflächen, Korrosions- und Verschleißschutz, Energiespeicher (Batterien, Brennstoffzellen) Energiewandler	Ionische Flüssigkeiten (nicht-wässrige Systeme), Simulation von Abscheideprozessen, grundlegende Forschung zur

		elektrochemischen Oberflächentechnologie
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Werkstofftechnik – Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe 	Technologien, Verfahren und Anlagen zur Herstellung von innovativen Werkstoffen und Erzeugnissen auf den Gebieten Glas und Keramik.	Grenzflächen zwischen Grundglas und Schichten, Sol-Gel-Beschichtungen, Korrosion von Glasoberflächen, Duplex-Zinkschichten für Korrosionsschichten
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Werkstofftechnik – Metallische Werkstoffe und Verbundwerkstoffe 	Verbundwerkstoffe, Multimaterialsysteme	Entformungsschichten, Sandwichschichten
<ul style="list-style-type: none"> Institut für Mikro- und Nanotechnologien 	Werkstoffentwicklung für Mikro- und Nanosysteme, 3D-Biosysteme	PVD, MOCVD, Ätzprozesse
<ul style="list-style-type: none"> Fachgebiet Photovoltaik 	III-V Multijunction Solar Cells	MOCVD, Preparation of epitaxial Si-, Ge- and III-V-based layers and solar cells
<ul style="list-style-type: none"> Physikalische Chemie und Mikroreaktionstechnik 	Mikrofluidische Anordnungen und Chipreaktoren	Oberflächenfunktionalisierung von Chipoberflächen
<ul style="list-style-type: none"> Technische Physik II / Polymerphysik 	Beschichtungen, Lacke, Filme: Trocknung, Alterung und Zusammensetzung	Analyse von Beschichtungen und Filmen
<ul style="list-style-type: none"> Werkstoffe der Elektrotechnik 	Oberflächentechnologien, Dünnschichttechnik, PVD-Schichtabscheidung (Mehrebenen- und Mischschichten, Metallisierung, Funktionsschichten, Kontakte)	Werkstoffentwicklung, Beschichtungsentwicklung, Werkstoffauswahl und Optimierung, Entwicklung zu Beschichtungswerkstoffen und -verfahren
<ul style="list-style-type: none"> Forschergruppe Oberflächenphysik funktioneller Nanostrukturen 	Prozessierung und Charakterisierung von ultradünnen Schichten	Molekularstrahlepitaxie, Oberflächenanalytik
Hochschule Schmalkalden, Fachbereich Maschinenbau	Zerspanungswerkzeuge und Produktionswerkzeuge z.B. Kunststoffspritzgusswerkzeuge, Stanz- und Umformwerkzeuge	Entwickeln und Bewerten von Schichten für Anwendungsfeld Produktionstechnik sowie Medizintechnik
Forschungseinrichtungen		
Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V. (GFE)	Zerspanende Fertigungstechnik, Werkzeugentwicklungen, Technologieentwicklungen	Beschichtungsentwicklungen teilweise auch über Zerspanung hinaus, Messtechnik
Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. (TITV Greiz)	Smarte Textilien / flexible Werkstoffe und Oberflächenfunktionalisierung	Galvanische erzeugte hochleitfähige Garne, CVD und elektrochemisch erzeugte SiO _x -Haftvermittlerschichten, elektronische Textilien
Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoffforschung e.V. (TITK)	Funktions- und Strukturpolymere,	Nassbeschichtungsprozesse, Photo-, thermochromophore Werkstoffe
INNOVENT e.V. Technologieentwicklung	Oberflächentechnik, Biomaterialien, Magnetische & Optische Systeme	CCVD und PVD-Beschichtungen unter Normaldruckbedingungen, Sol-Gel-Technik, elektrochemischen Verfahren

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik	Gesamte photonische Prozesskette vom opto-mechanischen und opto-elektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Freiformtechnologien, Mikro- und Nanotechnologien, Faserlasersysteme sowie optische Technologien für die sichere Mensch-Maschine-Interaktion.	Oberflächenfunktionalisierungen und multifunktionale optische Schichtsysteme auf Kunststoff, Glas, Keramik und Metall für Wellenlängen von Extrem-Ultraviolett bis Infrarot.
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme	Werkstoffentwicklung im Bereich technische Keramik/ Hochleistungskeramik. Keramik branchenübergreifend einsetzbar, Nichtoxidische (Carbide, Nitride) und oxidische Keramiken (Al, Ti, Zr-oxide). Membrantechnik, Batteriespeicher, Oberflächen von Implantaten	Sol-Gel-Technik für anorganische Schichten auf großen Substratflächen unter Reinraumbedingungen. CVD-Innenbeschichtung von Rohren für Membrantechnik
Leibniz-Institut für Photonische Technologien	Faseroptik, Photonische Detektion und Biophotonik.	Kombination von Dünnschichttechnologie, Nanolithographie und Mikrosystemtechnik
Materialforschungs- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität	Mineralische Dämmstoffsysteme, Ausnutzung von Materialeigenschaften zur Ressourceneffizienz	Simulationsverfahren für und von Oberflächen und Beschichtungen, Photokatalyse
Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik	Analysenmesstechnik, Bioprozesstechnik und Biowerkstoffe	Biointerfaces, biomimetische Kombinationsschichten, 2-Photonen-Polymerisation
Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH (ifw)	Lasertechnik, Fügetechnik, Mikrotechnik und Schweißtechnik	Oberflächenstrukturierung u. –modifikation mit Laser
CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH	Mikrosensorik, Mikrosystemtechnik und Silizium-Detektoren	isotropes und anisotropes Ätzen Aufbau- und Verbindungstechnologien für Waferlevel Packaging, metallische Verbindungsstrukturen
Netzwerke		
medways e.V.	Patientenverträgliche und anwenderverträgliche sowie personalisierte Medizintechnik, Nanotechnologie im Bereich Diagnostik über Biomarker, Medizinproduktezulassung	Antibakterielle- und antimikrobielle Oberflächen, Oberflächenspezifikationen Lab-on-Chip Technologien
OptoNet Jena e.V.	Optik/Feinmechanik, Sensortechnik, Lasertechnik, Beleuchtungstechnik, Solar- PV Technik, Optische Materialien, Optoelektronik	Beschichtungen für Faseroptik, Femtosekundenlasertechnik Biophotonik, Optoelektronik
Regionaler Wachstumskern pades – Partikeldesign Thüringen (2014- 2017)	Partikelsynthese und Oberflächenfunktionalisierung von Partikeln, Partikelverarbeitung, Bauteilherstellung und –anwendung, Partikelcharakterisierung.	Sol-Gel-Technik zur Funktionalisierung von Partikeln

Regionaler Wachstumskern J-1013 – Surface Technologies Net - Jena (2010-2013)	Die Kombination von Atmosphärendruck-Beschichtungsverfahren ermöglicht das Aufbringen einer Zwischenschicht auf jegliche Art von Substraten.	Kombinationstechnologie (Verbundschichten, Schutzschichten, Antimikrobielle Schichten) sowie Mess- und Analyseverfahren
Regionaler Wachstumskern BASIS - Bio-Analytics and Surface for Integrations in Systems - Jena (2011-2014)	3D-Bio-Interfaces für Sensoren mit langzeitstabiler Sensitivität und Selektivität z.B. für die Umwelt- und Bioanalytik, Implantate mit langzeitstabiler Osteointegration sowie effektive Infektionsprophylaxe.	Toolbox aus hydrogelbasierten Beschichtungen sowie Passivierungs-, Strukturierungs- und Funktionalisierungstechniken
Regionaler Wachstumskern GLASING Südthüringen - Energieeffiziente Veredlung dünner Glasscheiben mit besonderen technischen Eigenschaften (2007-2010)	Entwicklung von dünnen Sicherheitsglas-Scheiben mit Spezialbeschichtungen für Solar- und Architekturanwendungen.	Spezialbeschichtungen für Gläser
TOF – Tailored Optical Fibers – Jena (2017-2019)	Technologieplattform zur Erschließung von Anwendungsmärkten photonischer Fasern außer halb der Telekommunikation.	
fo ² Freeform Optics Plus - Jena (2014-2016)	Entwicklung und Vermarktung innovativer freiformoptischer Systeme	Beschichtung von Freiformoptiken