

Potentialanalyse zum Wachstumsfeld „Keramik“ in Thüringen

Auftraggeber: Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen
mbH (LEG Thüringen)
Erfurt

Auftragnehmer: Fraunhofer-Gesellschaft
München

Bearbeitung durch:

**Fraunhofer Institut für Keramische
Technologien und Systeme, Institutsteil
Hermsdorf**

Bearbeitungszeitraum: Oktober 2012 – Mai 2013

Entsprechend der Vertragsbedingungen zur Erarbeitung der Analyse haben die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen) als Auftraggeber und das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich uneingeschränkte Nutzungsrecht an den Ergebnissen.

Jetzt Newsletter abonnieren!



Kontakt:

Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)
Akquisition, Thüringen International und Clustermanagement
Mainzerhofstraße 12, 99084 Erfurt

Telefon 0361 5603-450
Telefax 0361 5603-328
www.cluster-thueringen.de

Potentialanalyse zum Wachstumsfeld Keramik in Thüringen

Projekt-Nr. 155-140090/za

Auftraggeber	LEG Thüringen, Erfurt
Auftragnehmer	Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil Hermsdorf
Unterauftragnehmer	EurA Innovation Zella-Mehlis
Bearbeiter	Dr. Bärbel Voigtsberger (IKTS) Dirk Schmidt (EurA) Hans-Ulrich Machalett (EurA) Silvia Behnsen (IKTS) unter Mitwirkung von Experten aus Industrie und FuE in Thüringen

Hermsdorf, 31. Mai 2013

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Executive Summary	1
2. Aufgabenstellung und Methodik des Vorgehens	24
2.1. Ausgangspunkt und Aufgabenstellung	24
2.2. Vorgehensweise/Methodik	26
3. Analyse aktueller nationaler und internationaler Trends im Bereich der keramischen Materialien, Werkstoffe, Technologien und deren Anwendungsfelder für Zukunftsmärkte	28
3.1. Mega-Trends und ihre Bedeutung für die Keramik- und Glasbranche	28
3.2. Internationale und nationale Technologietrends für Technische Keramik/Glas	29
3.3. Internationale und nationale Markttrends für Technische Keramik/Glas	45
3.4. Analyse der Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet von Keramik und Glas	58

4. Ergebnisse der Befragung Thüringer Unternehmen der Keramik- und Glasbranche	62
4.1. Übersicht statistischer Befunde für die Thüringer Keramik- und Glasbranche im Vergleich zur Gesamtsituation der Bundesrepublik	62
4.2. Umfang der Unternehmensbefragung	74
4.3. Analyse der Unternehmensdaten	77
4.4. Analyse der Produktsegmente nach Anwendungsfeldern	82
4.5. Markt- und Wettbewerbsposition nach Produktsegmenten	84
4.6. Analyse der Wertschöpfungsketten	91
4.7. Wachstumspotenziale/F/E-Aktivitäten/Investitionen nach Anwendungsfeldern	92
4.8. Bewertung der Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten	95
4.9. Vorschläge für Handlungsempfehlungen an die Landesregierung	99
5. Ergebnisse der Befragung Thüringer Forschungs-, Entwicklungs- und Bildungseinrichtungen	101
5.1. Übersicht und Kompetenzen relevanter Akteure	101
5.2. Analyse der Forschungsprofile der Einrichtungen im Bezug zur relevanten Branche (Keramik/Glas/Glaskeramik)	105
5.3. Analyse der Kooperationsprofile der relevanten Einrichtungen	106
5.4. Bewertung der Wachstumspotenziale/F/E-Aktivitäten nach Anwendungsfeldern	108
5.5. Bewertung der Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für den Innovationsprozess	109
5.6. Bewertung zukünftiger Schwerpunkte im Bereich Keramik, Glas und Glaskeramik aus Thüringer Sicht	111
5.7. Zukünftige Forschungsschwerpunkte der Einrichtungen nach Wachstumfeldern gemäß Trendatlas Thüringen	114
6. Zusammenfassende Analyse der Wachstumspotentiale für die Thüringer Unternehmen der Keramik- und Glasbranche	116
6.1. SWOT-Analyse	116
6.2. Portfolio der Wachstumspotenziale für Keramik und Glas in Thüringen	121
7. Schlussfolgerungen und Vorschläge zur Ableitung von Maßnahmen der Wirtschaftspolitik des Freistaates Thüringen	125

Anhänge

1. Executive Summary

International gelten Keramik- und Glasmaterialien gemeinsam mit den anderen Werkstoffklassen als Enabling Technologies, da sie auf Grund ihrer zum Teil einzigartigen spezifischen Eigenschaftsparameter in nahezu allen technischen Anwendungen essentiell für die Funktionalität und komplexe Leistungsfähigkeit der Systeme sind. Roadmaps auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene weisen die Bedeutung dieser stark wissensbasierten Branche für alle im Zusammenhang mit den Megatrends identifizierten Wachstumsfelder bis 2020 und darüber hinaus aus.

Die europäische Kommission hat in einem 2011 veröffentlichten Arbeitspapier zum Thema „Materials Roadmap Enabling Low Carbon Energy Technologies“ (European Commission 2011) die herausragende Rolle neuer Materialien und deren adäquater Herstellung, Anwendung und Nutzung für die Lösung der Energiefragen der Zukunft in den Mittelpunkt gestellt. Nicht nur die Veränderung des Energie-Mix mit dem Schwerpunkt auf die Reduzierung des Kohlenstoffausstoßes und die Sicherung der Energieressourcen sondern besonders effiziente und hinsichtlich der Kosten wettbewerbsfähige low-carbon- Technologien stellen Herausforderungen dar, die nur durch gemeinsame Anstrengungen im Rahmen der EU gelöst werden können. Im Hinblick auf den globalen Wettbewerb um die industrielle Führerschaft bei low-carbon-Technologien hat auch die EU das Feld der Materialien als Key Enabling Technology (KET) priorisiert und daraus im Rahmen der strategischen Agenda Europe 2020 die „Flaggschiff-Initiative“ „Resource Efficient Europe“ abgeleitet. So wird im aktuellen Entwurf des nächsten F/E-Rahmenprogramms der EU Horizon 2020 die besondere Bedeutung von Hochleistungsmaterialien und entsprechenden Technologien als Schlüsselfaktoren zur Stärkung der Europäischen Produktivität und Innovationsfähigkeit herausgestellt, um zu sichern, dass Europa zukünftig auf Basis einer hochleistungsfähigen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft die globale Führerschaft in HighTech-Anwendungen und damit die Fähigkeit erhält, effektive Lösungen für die sozialen Herausforderungen als auch das Energieproblem zu entwickeln. Bezüglich der Keramik- Glasmaterialien werden in der Roadmap für die nächsten 10 Jahre vor allem Trends und Herausforderungen in den Anwendungsfeldern

- Windenergie
- Solarthermie (CSP – Concentrated Solar Power)
- Stromspeicherung
- Bioenergie
- Neue Materialien für den fossilen Energiesektor einschließlich CCS (Carbon Capture and Storage)
- Wasserstoff und Brennstoffzellen
- Energieeffiziente Materialien für Gebäude

spezifische Zielstellungen und Maßnahmen sowie insbesondere die Herausforderungen bzgl. der Entwicklung von Technologien zur Fertigung von Komponenten und deren Integration in die Systeme abgeleitet.

Die resultierenden übergreifenden Forschungsfelder mit ihrer breiten Wirkung für die verschiedenen Anwendungstechnologien bzw.-Felder sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die in Thüringen für diese Anwendungsfelder und Technologien bestehenden Kompetenzen sollten im weiteren Roadmap-Prozess in dieser Tabelle ergänzt und damit die zukünftig für Thüringen relevanten Fokusfelder identifiziert werden.

	Wind energy	Photovoltaic	Concentrated Solar Power	Geothermal energy	Electricity storage	Electricity grids	Bioenergy	Carbon capture and storage	Hydrogen and fuel cells	Nuclear fission	Buildings
Structural materials											
Fibre reinforced materials	X		X			X			X	X	
High temperature, low temperature and corrosion-resistant materials	X		X	X	X		X	X	X	X	
Structural steel components and related joining techniques	X		X	X	X		X	X		X	X
Advanced concretes	X			X			X			X	X
Functional materials											
Separation membranes				X			X	X	X		X
Catalyst and electrolytes					X		X	X	X		
Solid catalyst, sorbents and O2 carriers					X		X	X	X		
High temperature superconducting materials	X					X					
High temperature heat storage materials			X		X				X		
(High temperature) insulating materials			X	X		X		X		X	X
Materials for power electronics	X	X		X		X					
Heat transfer fluids			X	X						X	
Manufacturing techniques											
Coatings and coating techniques	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Condition monitoring techniques	X	X		X	X		X	X	X	X	

Tabelle ES1: Forschungsfelder in ihrer Relevanz für verschiedene Anwendungstechnologien
Quelle: European Commission 2011

Thüringen weist mit knapp 5 % von allen deutschen Bundesländern den höchsten Anteil der Keramik- und Glasbranche am verarbeitenden Gewerbe aus. Der traditionell stark verwurzelten Industrie ist es im Ergebnis einer tiefgreifenden Restrukturierung gelungen, sich auf know how basierte technische Anwendungen für spezifische Kundenanforderungen zu fokussieren und damit Wachstumspotenziale zu erschließen. So stieg der Umsatzindex in Thüringen nach der Krise 2009 gegenüber dem Bundesdurchschnitt überproportional.

Die Unternehmen der Keramik- und Glasbranche haben einen hohen Spezialisierungsgrad hinsichtlich Material- und Werkstoffen, Technologien und Anwendungsfeldern. So reicht das Profil der in Thüringen hergestellten hochtechnologischen Keramik-Produkte von

- Hochspannungsisolatoren und Überspannungsableitern für die Elektroenergieübertragung
- Keramische Katalysatorträger und Wärmetausche für den Anlagenbau
- Korrosions- und verschleißfeste Hochleistungskeramik-Komponenten für den Maschinen- und Anlagenbau und Automotive und
- Antiballistische Schutzmaterialien

über

- Hart- und weichmagnetische Komponenten für Elektroantriebe und Transformatoren
- Piezokeramische Aktuatoren (u. a. für den finalen Einsatz in Wafersteppern)

- Halbleitenden Heizkeramiken für die Automotive-Zusatzbeheizung und
- Multilayerkeramiken für Mikrosystemtechnik

bis hin zu

- Keramischen Implantaten.

Im Bereich des technischen Glases dominieren Hersteller von

- Flachglas,
- Rohrglas,
- Optischen Faser und Glasfasern sowie
- Behälterglas.

Daneben wurden ausgewählte Hersteller von anorganisch-nichtmetallischen Spezialmaterialien wie

- Leuchtstoffe und
- Adsorbentien

in die Betrachtung einbezogen.

Die im Rahmen dieser Potenzialstudie durchgeführte Unternehmensbefragung (Beteiligung: Keramik 13 von 25 befragten, Glas 18 von 40 befragten Firmen) erbrachte für die Unternehmen der technischen Keramik- und Glasbranche tendenziell vergleichbare Ergebnisse.

So sind 58 % der an der Umfrage beteiligten Keramik-Unternehmen der Umsatzgrößenklasse > 12 Mio. € zuzuordnen, wobei die Einzelumsätze z. T. weit über 12 Mio. € (20...50 Mio. €) rangieren. Weitere 8 bzw. 17 % haben Umsätze zwischen 5 und 12 bzw. 2,5 und 5 Mio. €. Nur 17 % haben als kleine Unternehmen einen Umsatz unter 2,5 Mio. €.

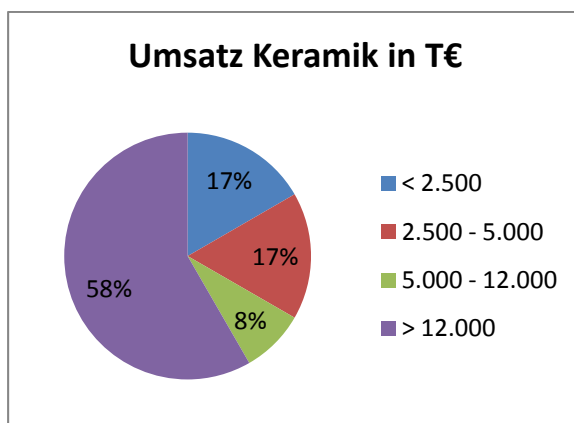


Abbildung ES1: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Umsatzklassen (n=13)

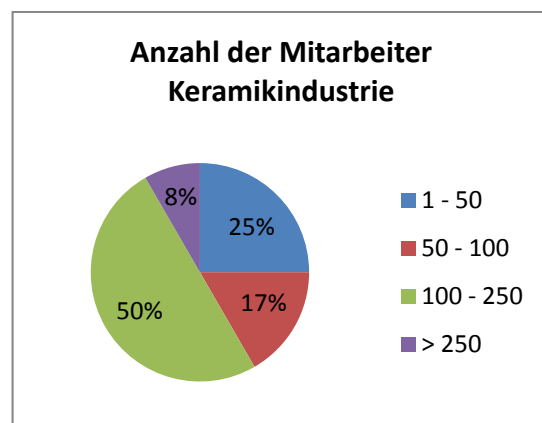


Abbildung ES2: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Mitarbeiterzahlen (n=13)

Naturngemäß vergleichbar ist die Struktur der Verteilung der Unternehmensgröße nach Mitarbeiterzahl: 50 % sind in die Klasse 100 bis 250 Mitarbeiter einzuordnen; nur 8 % haben mehr als 250 Mitarbeiter; 17 % haben 50 bis 100 Mitarbeiter und immerhin 25 % sind kleine Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Befragung im Hinblick auf den F/E-Anteil und den Exportanteil.

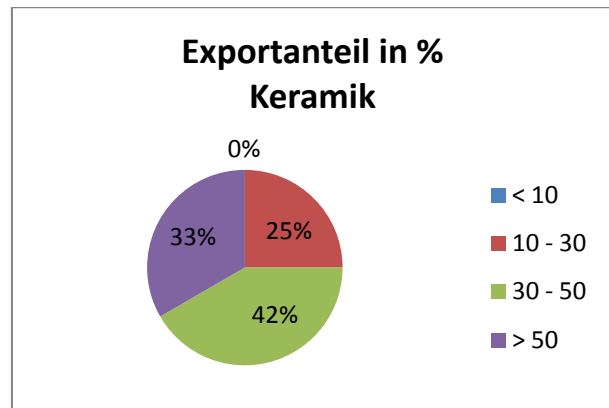
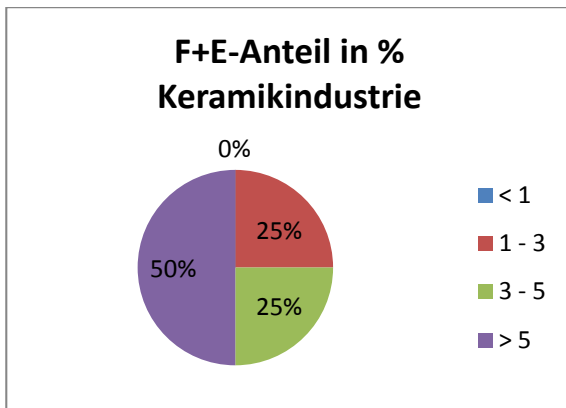


Abbildung ES3: Verteilung des F/E-Anteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen (n=13)

Abbildung ES4: Verteilung des Exportanteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen (n=13)

In Anbetracht der Tatsache, dass im Jahre 2010 in Deutschland in der WZ 23 durchschnittlich 2,6 % des Umsatzes für Innovationsprojekte ausgegeben wurden, sind die Ergebnisse durchaus beeindruckend:

75 % der an der Befragung beteiligten Unternehmen haben einen überdurchschnittlichen F/E-Anteil von > 3 %, 50 % liegen sogar über 5 %. Das verbleibende restliche Viertel hat 1 – 3 %. Hierin zeigt sich die Tatsache, dass ein Großteil der in Thüringen ansässigen Keramik-Unternehmen als hoch spezialisierte Anbieter von z. T. kundenspezifischen maßgeschneiderten Produkten und Lösungen diese Position nur mit einem überdurchschnittlichen hohen F/E-Aufwand realisieren und dadurch ihre Wettbewerbsposition sichern können.

Korrelierend zeigt sich auch das Ergebnis im Hinblick auf die Exportquote für die Keramik-Unternehmen.

Während hier die Durchschnittsquote der Keramik(und Glas-)industrie (WZ 23) in Thüringen bei 23,4 (und auch für die gesamte BRD nur bei 23,9 %) liegt, weisen die an der Befragung beteiligten Unternehmen Thüringens zu 75 % eine Exportquote von über 30 % und ein Drittel sogar über 50 % aus. Das restliche Viertel hat immerhin auch eine Exportquote zwischen 10 und 30 %. Die Abweichung zum Branchendurchschnitt erklärt sich durch die basierend auf der Roland Berger Studie gemäß Vorgabe erfolgte Fokussierung auf die technische Keramik (so wurde z. B. der Teilbereich Ziegel mit Exportquoten von ca. 15 % nicht berücksichtigt; Daten dazu im Anhang 5).

Dieser Befund korreliert ebenso mit der hohen F/E-Quote und zeigt, dass der Grad an Spezialisierung und Kundenorientierung basierend auf hohem F/E-Aufwand nicht nur Wachstum im Inland, sondern vor allem auch die Erhöhung des Exportanteils bewirkt.

Im Hinblick auf die Verteilung der Produktsortimente findet man einen breiten, im Ergebnis der Restrukturierungsprozesse sehr stark ausdifferenzierten Produktmix mit hohem Spezialisierungsgrad der einzelnen Unternehmen, wobei nahezu alle relevanten Zukunftsbranchen bedient werden. Auf Grund der Spezialisierung (z. B. Hersteller von Ferriten, Piezokeramik und Aktoren, Oxidkeramik, Biokeramik, Keramikmembranen) hält sich der Wettbewerb unter den thüringischen Keramikfirmen in Grenzen (anders als z. B. in der

Kunststoffbranche), da infolge der hohen Spezifik von Know-how, Technologien und Ausrüstungen kaum eine Austauschbarkeit möglich ist.

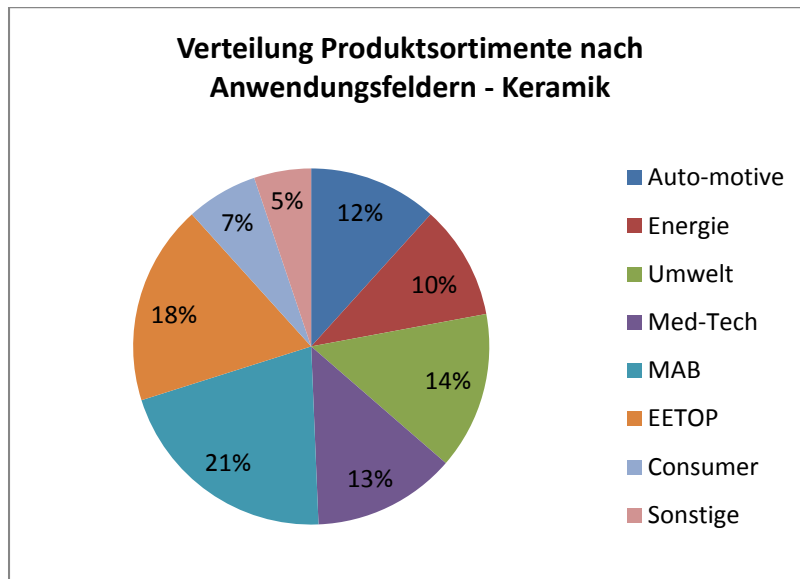


Abbildung ES5: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen) (n=13)

Der Schwerpunkt der Anwendungsfelder der Thüringer Keramikhersteller liegt mit 21 % im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus (hier z. B. vor allem Verschleißanwendungen), gefolgt von EETOP mit 18 % (z. B. Vielzahl von Funktionskeramiken und Präzisionsanwendungen). Es folgen die Anbieter von MedTech-Produkten mit 13 % (Keramik-Implantate, aber auch mikroelektronische Komponenten). Energie- und Umweltanwendungen machen bereits heute 24 % der Anwendungen thüringischer Keramikprodukte aus, Automotive nur 12 %. Sonstige betreffen z. B. die Lebensmittelindustrie.

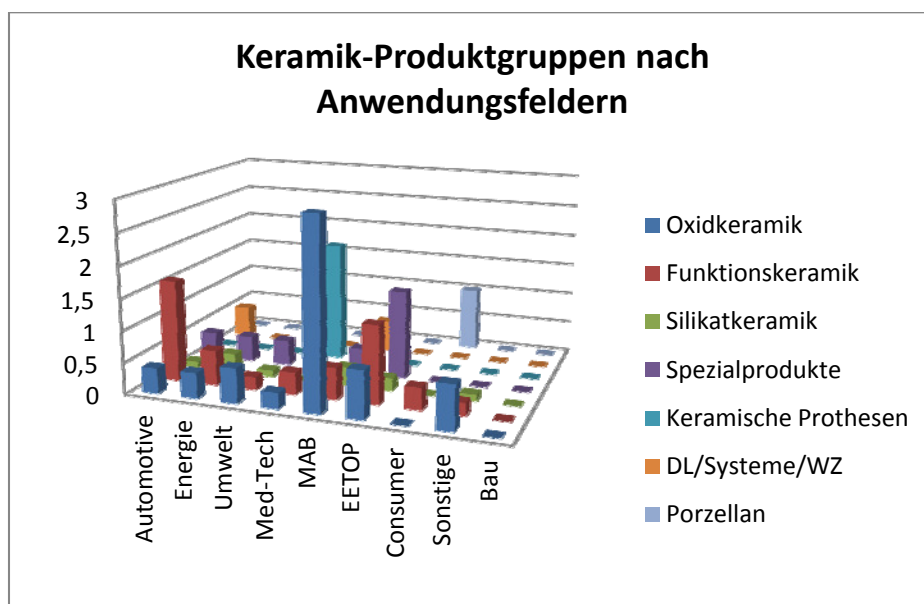


Abbildung ES6: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen, nicht nach Umsatz) (n=13)

Die zusammenfassende Verteilung der einzelnen Keramik-Produktgruppen auf die Anwendungsbranchen zeigt die obige Abbildung.

Ähnlich breit verteilt sind die Anwendungsfelder der Glasindustrie, wobei hier zusätzlich die Bauanwendungen mit 5 % von Bedeutung sind, die im Bereich der Keramik auf Grund der Unternehmensstruktur (kaum unabhängige Unternehmen) nicht einbezogen wurden.

Die Ergebnisse der Analyse im Hinblick auf die Frage, in welcher Region die nächste Wertschöpfungsstufe erfolgt sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

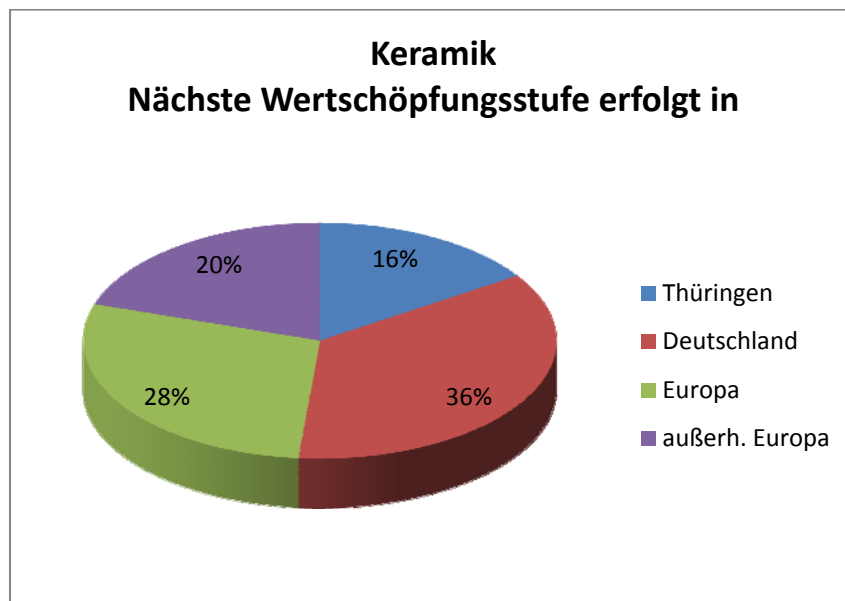


Abbildung ES7: Verwertung keramischer Produktgruppen entlang der WS-Kette nach Regionen (n=13)

In Analogie zu den Ergebnissen bzgl. Exportquote findet man, dass für 48 % der Produktsegmente die nächste Wertschöpfungsstufe in Europa bzw. außerhalb Europas erfolgt. Das spricht zunächst für die bereits erreichte Internationalisierung sowie den Spezialisierungsgrad (z. T. Alleinstellungsmerkmale) der Produkte. In Deutschland insgesamt werden 52 % der Produkte weiterverarbeitet, in Thüringen aber nur 16 %, was bedeutet, dass das Vernetzungspotenzial entlang der WS-Kette in Thüringen aus aktueller Sicht nicht sehr hoch ist. Allerdings bietet der auf nationaler Ebene erreichte Vernetzungsgrad eine gute Basis für weiteres Wachstum, wenn es gelingt, gemeinsam mit und für Kunden zukunftsorientierte Entwicklungen neuer Produkte, Spezifikationen oder Systemlösungen zu betreiben. Auch hier sind die Ergebnisse für Glas wieder völlig analog.

Die Ergebnisse der Analyse der Wachstumspotenziale nach Anwendungsfeldern müssen zunächst vor dem Hintergrund der bereits mehrfach erwähnten Differenzierung und Spezialisierung der Thüringer Keramik-Unternehmen betrachtet werden. So sind z. B. naturgemäß für ein Unternehmen mit Fokus biokeramischer Medizinprodukte andere Anwendungsfelder von geringer bzw. ohne Bedeutung, während im Umkehrschluss für Unternehmen, die nicht im Biokeramik-Markt aktiv sind, dieses Feld keine bzw. kaum Bedeutung hat.

Unabhängig davon zeigt die Abbildung ES8, dass die Unternehmen den Wachstumspotenzialen in den Bereichen Energie, Umwelt und MAB hohe Bedeutung beimessen, gefolgt von MedTech und EETOP.

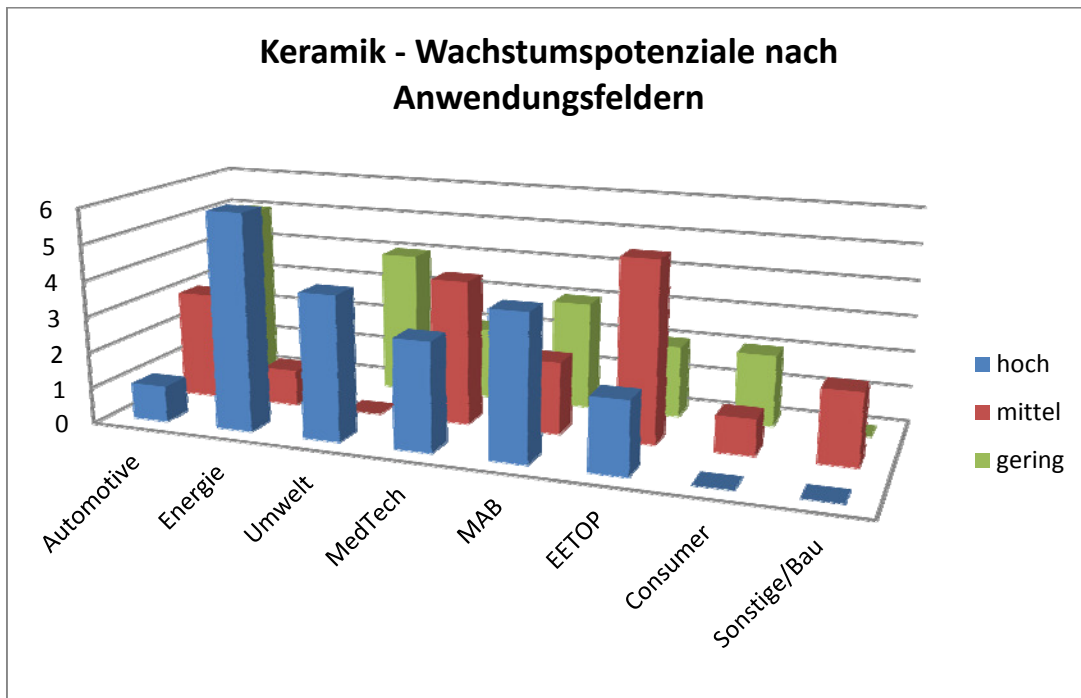


Abbildung ES8: Wachstumspotenziale für Keramik nach Anwendungsfeldern (n=13)

Für die Glasindustrie stellt sich die Situation spezifisch wie folgt dar:

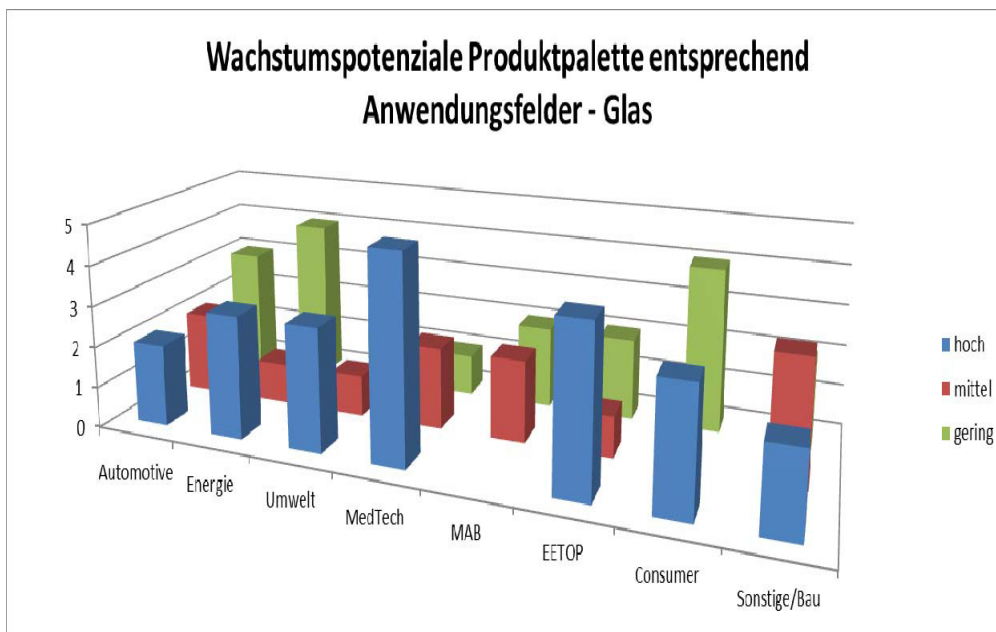


Abbildung ES9: Wachstumspotenziale für Glas nach Anwendungsfeldern (n=18)

Die befragten Glasunternehmen sehen sich in ihren Anwendungsfeldern ein hohes Wachstumspotential. Der Maschinen- und Anlagenbau schneidet in dieser Position schlecht ab. Darin ist die beginnende Abwanderung der Glasindustrie aus Deutschland zu erkennen. Der MAB für die Glasindustrie ist hoch spezialisiert und ohne die Glasindustrie nicht wachstumsfähig. Das heißt die Glasindustrie, die durch den Thüringer Maschinen-

Anlagenbaubau bedient wird, wird durch die Maschinen- und Anlagenbauer in Zukunft in Thüringen nicht mehr vermutet.

Um unabhängig von den unternehmensspezifischen Werkstoffklassen, Produktgruppen und Technologien und unter Berücksichtigung wichtiger Technologietrends übergreifende Aspekte bewerten zu können wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Relevanz der folgenden Querschnittsaspekte hinterfragt:

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung
- Nanotechnologieimplementierung
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit
- Ressourceneffizienz
- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

Bei der Analyse der Daten zeigt sich zunächst ein relativ uneinheitliches Bild, was wiederum durch den hohen Differenzierungsgrad der Unternehmen bzgl. ihrer Materialien und Produktgruppen bedingt ist. So spielen z. B. die Aspekte der Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung bzw. Nanotechnologieimplementierung für einen Hersteller von Magnetkeramiken derzeit eine eher geringe Rolle, während die Relevanz für einen Biokeramik-Hersteller durchaus hoch bzw. mittel eingeschätzt wird. Um die Aussagekraft zu schärfen wurden die Bewertungsklassen hoch und mittel zusammengefasst, was in der folgenden Abbildung gezeigt ist.

In dieser Darstellung wird ein klares Ranking sichtbar; es dominieren ganz klar die Aspekte

- Ressourceneffizienz
- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese und
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit

gefolgt von

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride und
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung.

Die aktuell noch eher im Stadium der Forschung und Entwicklung bearbeiteten Aspekte

- Nanotechnologieimplementierung und
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

werden aus Sicht der Unternehmen aktuell in der Regel noch mit geringerer Relevanz bewertet.

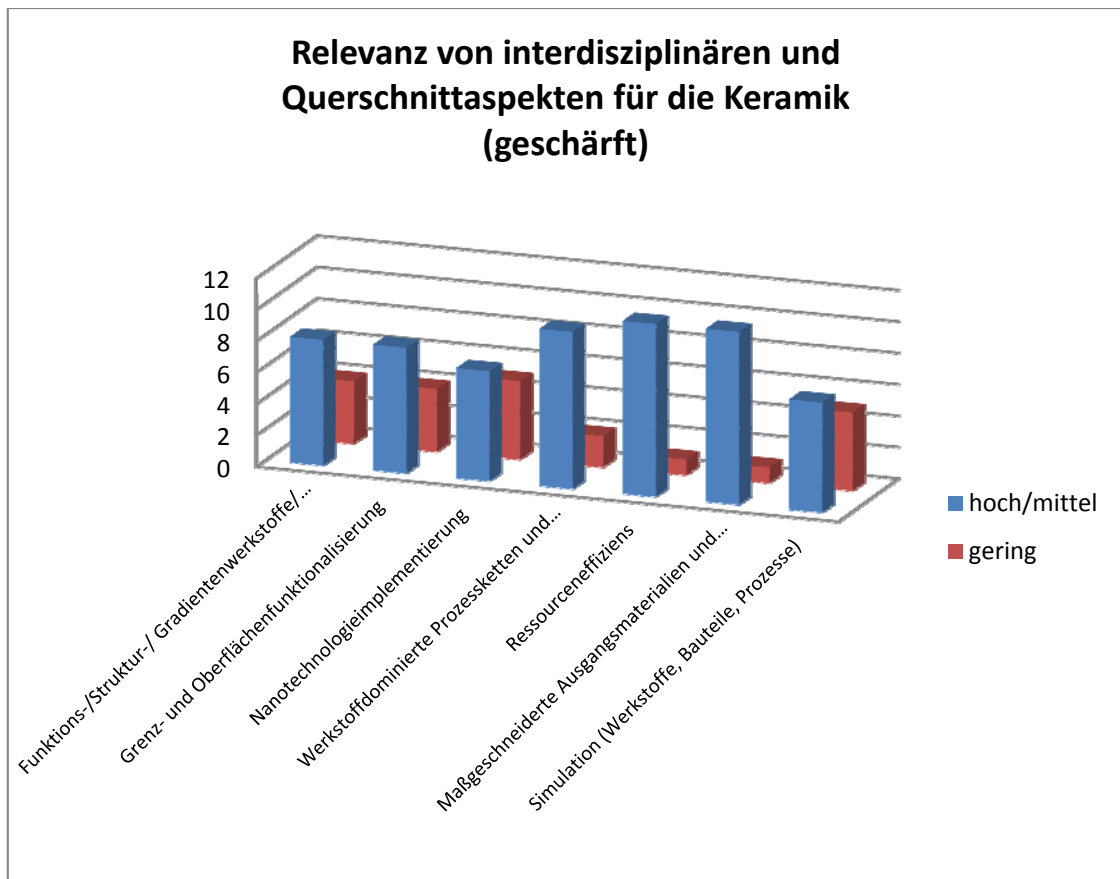
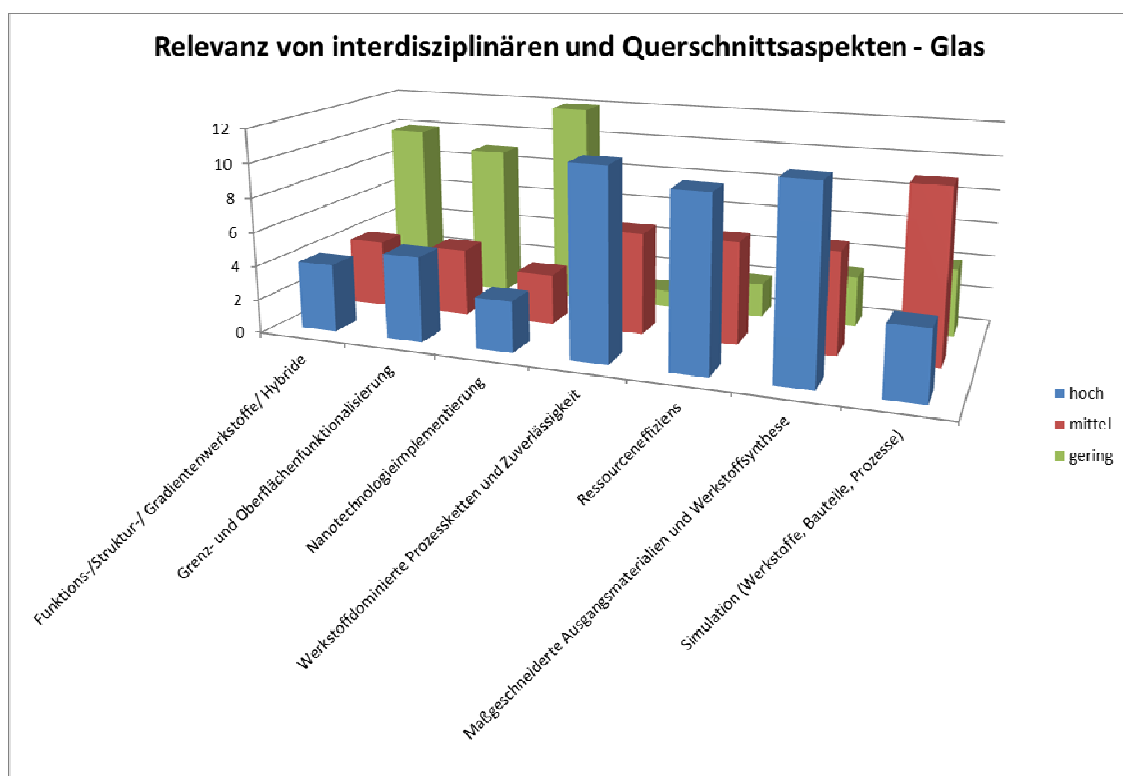


Abbildung ES10: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für die Keramik (geschäft) (n=13)

Die besondere übergreifende Bedeutung der drei prioritär genannten Aspekte spiegelt entsprechend der globalen, europäischen und nationalen Trends die hohe Relevanz auch für die Thüringer Unternehmen wider. So hat insbesondere der Aspekt der Ressourceneffizienz (Energieeffizienz, Materialeffizienz) vor allem im Hinblick auf die Kostensenkung und Einhaltung gesetzlicher Regelungen essenzielle Bedeutung für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Maßstab. Der Zugang zu und die Verfügbarkeit von für die technische Keramik hochspezifizierten, maßgeschneiderten Ausgangsmaterialien muss mit stark zunehmender Tendenz beobachtet und gesichert werden, um überhaupt die weltmarktfähigen Keramikprodukte weiter herstellen zu können. Hier haben sich in den letzten Jahren z. T. dramatische strategische Abhängigkeiten insbesondere von den asiatischen Zulieferern herausgebildet (z. B. Verknappung/Preissteigerung bei Neodym aus China, hochreine sub- μ -disperse Al_2O_3 -Pulver aus Japan). Ebenso ist die immer bessere Beherrschung und Weiterentwicklung der komplexen Prozessketten in der Hochleistungskeramik notwendige Voraussetzung sowohl für die Einhaltung der extrem gestiegenen anwendungsspezifischen qualitativen Parameter der Keramik-Produkte als auch für eine hohe Zuverlässigkeit und Ausbeute der Fertigungsprozesse sowohl unter Qualitäts- als auch Kostenaspekten. Besondere Herausforderungen ergeben sich im Zusammenhang mit der zunehmenden Miniaturisierung (Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik, Aufbau- und Verbindungstechnik). Hier müssen in der Regel komplexe werkstoffspezifische (z. B. Multimaterialsysteme und deren wechselseitige Kompatibilität – u. a. thermische Zyklusstabilität und Anpassung) und technologische (Pulver-Processing, Miniaturisierungstechnologien wie z. B. Pasten, Foliengießen, 3-D-Printing und angepasste thermische Prozesstechniken) Problemstellungen gelöst werden.

Verbesserte, weiterentwickelte und neue Funktions-/Struktur-Keramik-Werkstoffe sind je nach Spezifik der Produktpalette und der Anwendungsfelder unter Umständen ebenfalls essenziell für die Gewährleistung vor allem der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. So wurden und werden auch in Thüringen umfangreiche F/E-Anstrengungen zur Entwicklung bleifreier piezoelektrischer Keramiken unternommen, um für den Fall einer verschärften internationalen Gesetzgebung (bzw. beim Auslaufen von Sonderregelungen) adäquate Substitutionsmaterialien für die traditionelle bleihaltige Piezokeramik in der Produktion zu bewältigen und anbieten zu können. Für Konstruktions-, Bio- und optische Keramiken kommt es u. a. auf die Realisierung feinstdispenser Mikrogefügestrukturen zur Steigerung der mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Bruchzähigkeit, Verschleiß, Korrosionsstabilität) und optischer Transparenz an, um auf diesen Wachstumsmärkten Spitzenpositionen bzw. ggf. Alleinstellungsmerkmale zu erringen. Ähnlich hohe spezifische Herausforderungen ergeben sich für die Hersteller z. B. von Leuchtstoffen für LED und Molekularsieb-Materialien. Insgesamt nimmt dabei auch die Bedeutung von Oberflächen- und Grenzflächentechnologien zu (z. B. Biologisierung von Keramikoberflächen, Kombination verschiedener Technologien für multifunktionale Oberflächen, Beherrschung von Grenzflächenphänomenen in miniaturisierten Multimaterialsystemen).

Auch hier ist – bei selbstverständlich spezifisch unterschiedlichen Material- und Technologieaspekten – die Einschätzung für Glas nahezu identisch.



AbbildungES11: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für die Glasindustrie (n=18)

Der Freistaat Thüringen verfügt an den Standorten Jena, Ilmenau, Weimar und Hermsdorf über sehr gute Ausbildungs- und FuE-Einrichtungen.

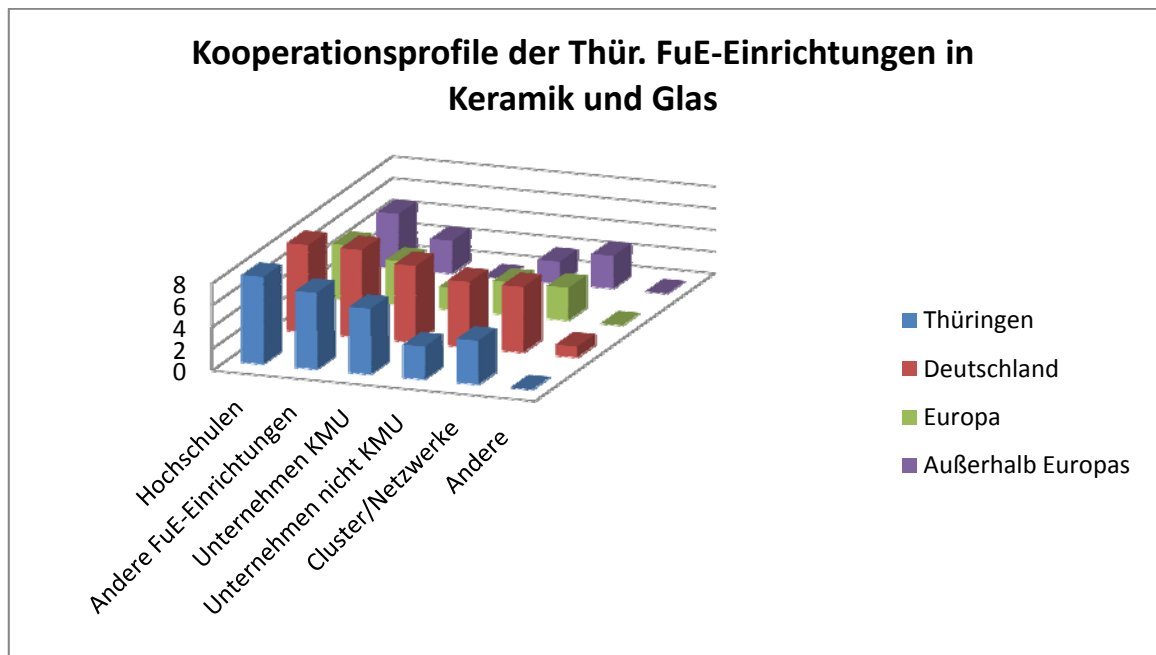


Abbildung ES12: Kooperationsprofile der Thüringer F/E-Einrichtungen in Glas und Keramik (n=8)

Bei der Analyse der Befragung, in die insgesamt 8 Einrichtungen bzw. Institute involviert wurden (IPHT und IOF mit Forschergruppen zu optischen Fasern wurden wegen Abgrenzung zur Befragung optonet nicht involviert), ist zunächst festzustellen, dass die Thüringer F/E-Einrichtungen sowohl innerhalb Thüringens als auch in Deutschland mit anderen Hochschulen bzw. F/E-Einrichtungen gut vernetzt sind. Das gilt ebenso in erheblichem Maße für den europäischen Raum als auch im internationalen Maßstab. Unabhängig von der Vernetzung mit der Industrie ist diese nationale, europäische und internationale Integration für die Thüringer F/E-Einrichtungen unverzichtbar im Hinblick auf deren wissenschaftliches Ranking, den Zugang zu überregionalen Netzwerken und Förderprojekten sowie den überregionalen wissenschaftlichen Austausch und die Reputation.

Die Mehrzahl der befragten Einrichtungen steht in Kooperation mit KMU, sowohl in Thüringen als auch im gesamtdeutschen Rahmen. Der Umfang der Kooperationen mit nicht KMU hält sich naturgemäß in Thüringen auf Grund deren geringerer Dichte etwas in Grenzen, während es umfangreiche Beziehungen zu nicht KMU in der Bundesrepublik und in leicht vermindertem Umfang in der EU und außerhalb Europas gibt. Dieses industrielle Kooperationsverhalten spricht insbesondere für die hohe Kompetenz und Akzeptanz der Thüringer F/E-Einrichtungen auch im nationalen und internationalen Maßstab.

Die Kooperation in Netzwerken und Clustern hat vor allem auf nationaler Ebene, aber natürlich auch in Thüringen, Europa und weltweit eine hohe Bedeutung.

Die Analyse der Bewertung der Wachstumspotenziale für die Thüringer Industrie aus Sicht der Thüringer FuE-Einrichtungen zeigt die folgende Abbildung, wobei auch hier Zusammenfassung der Kategorien hoch und mittel vorgenommen wurde, um die Aussagen zu schärfen.

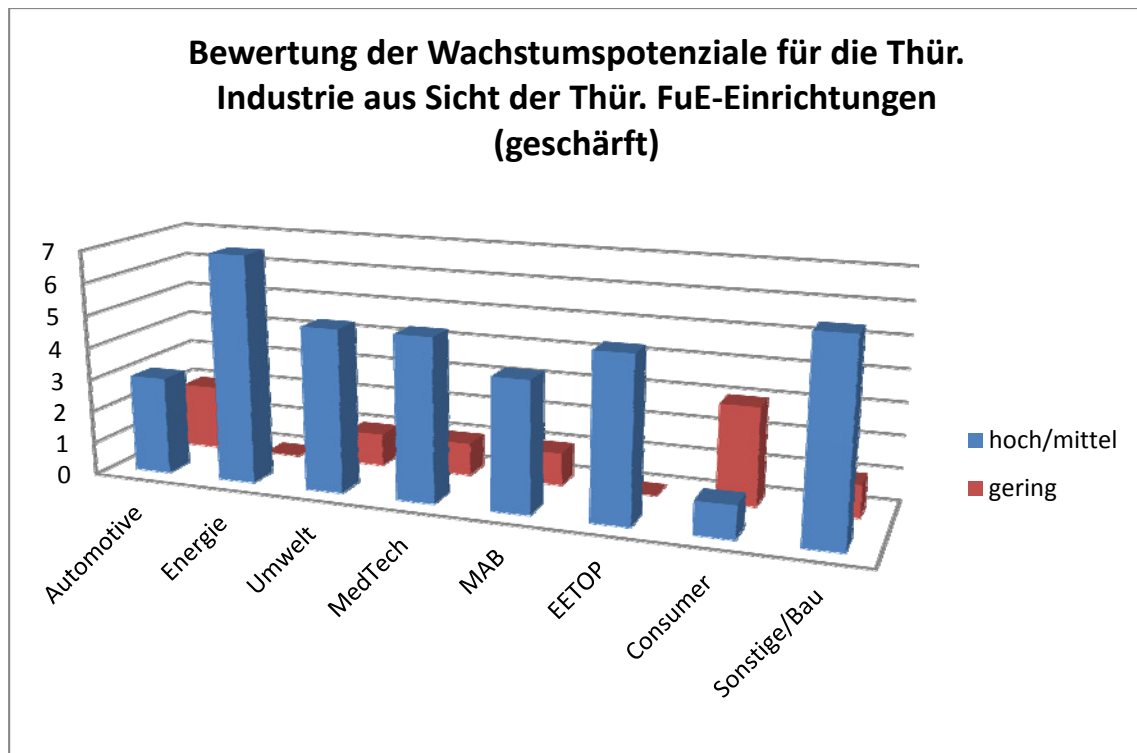


Abbildung ES13: Bewertung der Wachstumspotenziale für die Thür. Industrie aus Sicht der Thür. F/E-Einrichtungen (geschäft) (n=8)

In dieser Darstellung zeigen sich deutlich die Prioritäten bzgl. der Wachstumfelder aus Sicht der F/E-Einrichtungen, und zwar in der Reihenfolge:

- Energie
- Bau
- EETOP/MedTech/Umwelt
- MAB
- Automotive
- Consumer

Dieser Befund zeigt wie auch die entsprechenden Detailschätzungen eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Befragungsergebnissen der Industrie, was ebenso für die Einschätzung der Relevanz interdisziplinärer und Querschnittaspekte gilt, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind.

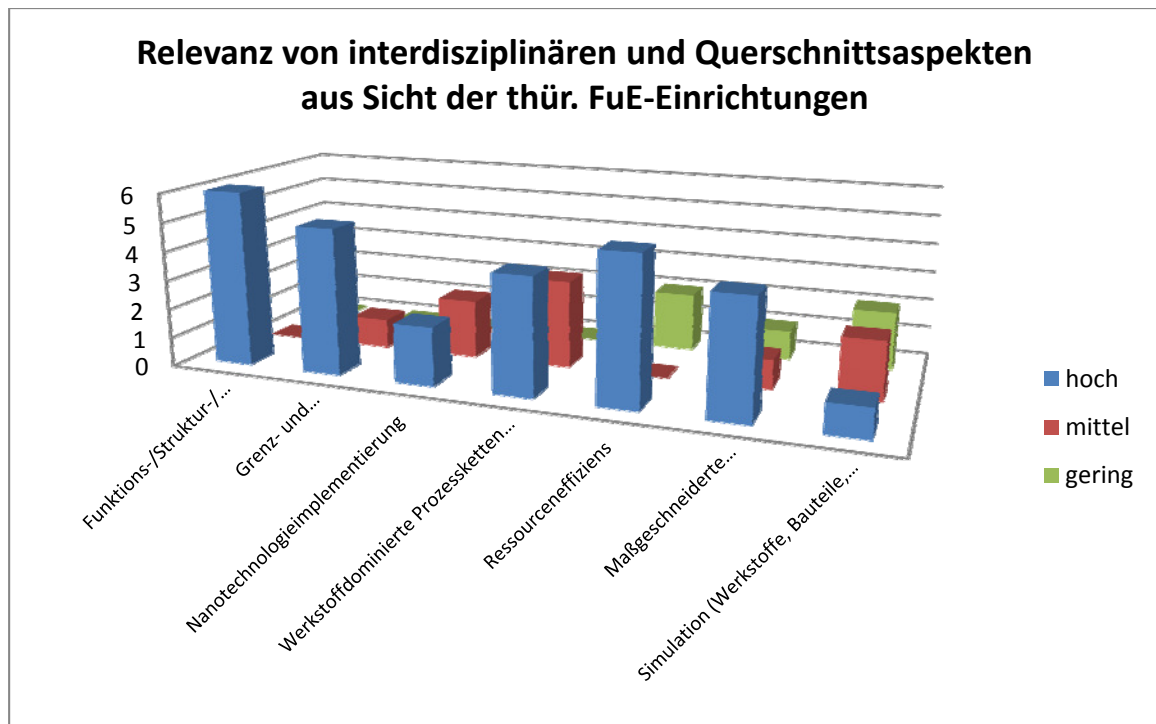


Abbildung ES14: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten aus Sicht der Thüringer F/E-Einrichtungen (n=8)

Vergleicht man diese Darstellung mit den Ergebnissen der Unternehmensbefragung so stellt man eine erfreulich hohe tendenzielle Übereinstimmung fest. So sind die ersten fünf Prioritäten – abgesehen von leicht differenzierter Reihenfolge – im Grunde identisch.

Hier dominieren in erster Linie die Aspekte

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride gefolgt von
- Ressourceneffizienz und
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung.

Darauf folgen

- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese und
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit.

Auch hier werden die Aspekte

- Nanotechnologieimplementierung und
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

nur mit untergeordneter Priorität bewertet.

Dieser Befund spricht – wie auch bereits aus Abbildung ES 12 ersichtlich – für eine offenbar stark industrieorientierte F/E-Community auf dem Gebiet von Keramik und Glas, was als eindeutige Stärke dieser Branche bewertet werden kann und eine sehr gute Basis für die weitere Intensivierung der Kooperation Industrie – FuE im Zuge des strategischen Roadmap-Prozesses in Thüringen bildet.

Kritisch ist im Hinblick auf die langfristige Wettbewerbsfähigkeit die Frage der Schaffung von mittel- und langfristigen Vorlauf und insbesondere dessen Finanzierung im F/E-Bereich anzusprechen.

Zur Bewertung zukünftiger Schwerpunkte für Thüringen wurde in einem gemeinsamen Expertenworkshop mit Vertretern aus Industrie und Forschung Einigung darüber erzielt, dass die Innovation im Bereich Keramik und Glas vorrangig getrieben ist und wird durch

➤ **Prozessketten.**

Diese innovativen Prozessketten erfordern häufig neue Lösungen in den Bereichen

➤ **Hybrid/Verbundmaterialien und Kompatibilisierung für neue Konzepte**

Erst daraus folgen Anforderungen im Hinblick auf

➤ **Neue/weiterentwickelte Materialien**

sowie parallel dazu

➤ **Werkstoff-/Prozess- und Bauteilsimulation.**

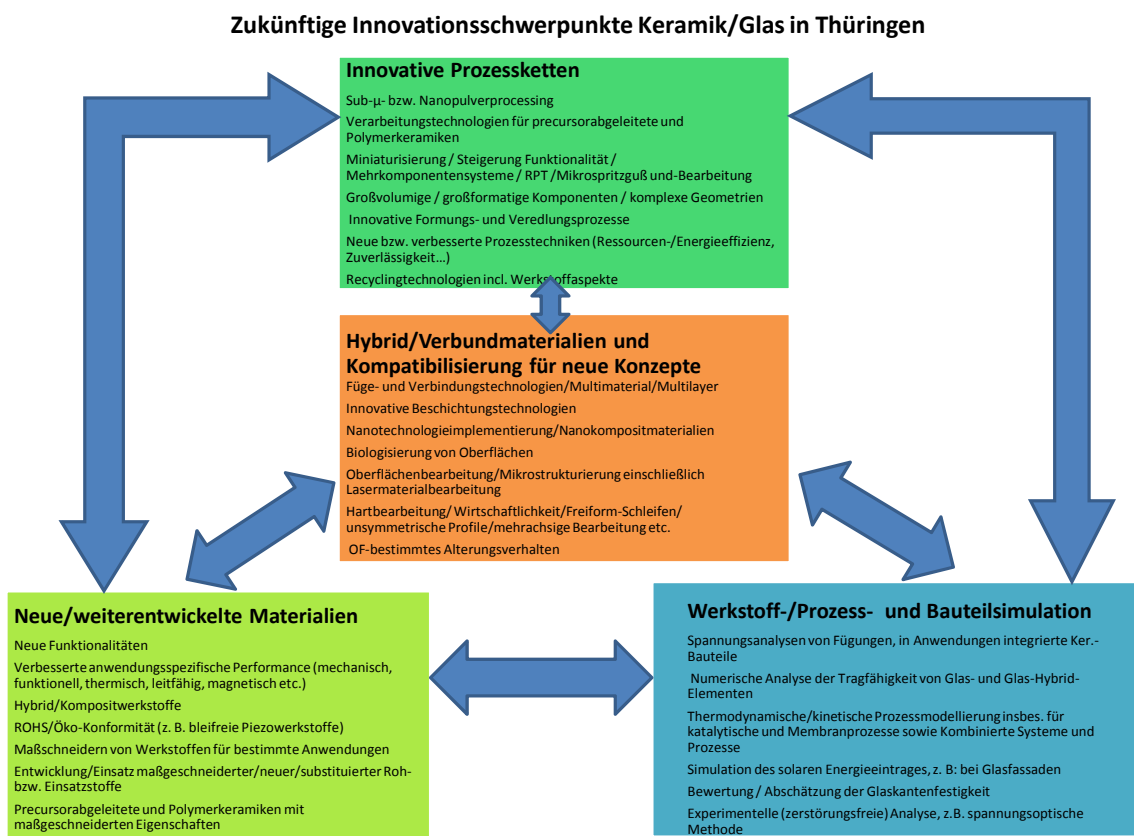


Abbildung ES15: Zukünftige Innovationsschwerpunkte Keramik/Glas in Thüringen

Im Ergebnis des Expertenworkshops wurden auf Basis der Ergebnisse der Befragungen die in Thüringen relevanten zukünftigen Forschungsschwerpunkte für die aus den Mega-Trends abgeleiteten Wachstumsfelder detailliert herausgearbeitet. Diese sind im Kapitel 5.7. tabellarisch zusammengefasst und werden im Rahmen des zukünftigen Roadmapping weiter geschärft.

Abschließend wurden die umfangreichen Recherche- und Umfrageergebnisse in Form von SWOT-Analyse und Portfolio-Darstellungen aggregiert und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Dazu wurden Workshops mit ausgewählten Experten sowie zusätzlich einzelne Expertengespräche mit Unternehmern sowie Vertretern von F/E-Einrichtungen genutzt. Darüber hinaus wurden bisher nur teilweise veröffentlichte Zukunftskonzeptionen (u. a. im Kontext des Programms Zwanzig20 des BMBF) einbezogen.

In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse der SWOT-Analyse für den Bereich Keramik und Glas in Thüringen zusammengefasst. Dazu finden sich detaillierte Erläuterungen im Text unter 6.1.

Stärken

Hochspezialisierte klein- bzw. mittelständisch strukturierte Unternehmen ausgerichtet am Bedarf der Kunden

Starke FuE – Infrastruktur (Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitäre FuE)

Verknüpfung Industrie/FuE gut ausgeprägt
Hohe Dichte von Experten u. a. in Verbindung mit Spezialmaschinenbau

Hohes Entwicklungspotenzial bei Keramik/Glas
Rohstoff- und Energieressourcen bei Glas vorhanden
Etablierte Cluster- bzw. Netzwerkstruktur

Schwächen

Kleinteiligkeit der Unternehmensstruktur

Finanzierungsschwäche der KMU

keine Systemhersteller entlang der WS-Kette in TH

Entscheidungskompetenz liegt häufig nicht in TH

z. T. veraltete Fertigungstechniken

Offene Fragen der Unternehmensnachfolge

Image der Keramik/Glas als Traditionelle Werkstoffe

Chancen

Hohes Marktpotenzial für Innovationen Keramik/Glas
Ausbau der Kooperation Industrie – FuE auch entlang der WS-Ketten (z. B. TUI) möglich

Stärkere Systementwicklung/Integration entlang der WS-Kette durch strategische Kooperation zwischen Clustern der Anwendungsindustrie GreenTech, MST, Optik, MedTech und Automotive möglich

Vielfalt der Anwendungsbranchen reduziert Krisenanfälligkeit

Kreative Finanzierungs- und Unternehmensstrukturen für endogenes Wachstum der KMU erforderlich

Erhöhung der Sichtbarkeit und Wirksamkeit der Ausbildungs- und FuE-Standorte durch verstärkte Bündelung

Selektive Chancen durch potenzielle Ansiedlungen und Ausgründungen

Risiken

kritische Masse der Unternehmen fehlt

Verlust von Thür. Unternehmen und Know How-Trägern wegen ungeklärter Unternehmensnachfolge

Wachstumsfinanzierung (Investitionen/FuE) bes. für mittlere Unternehmen nach Auslauf der Förderung unsicher

Risiken der Ansiedlungspolitik

geringe Sichtbarkeit auf Auslandsmärkten

Abwanderung junger hochqualifizierter Menschen

Langfristig ohne Fertigungstechnologie kein FuE

Abbildung ES16: SWOT-Analyse Keramik – Glas in Thüringen

Unter dem Aspekt der Stärken sei an dieser Stelle nur auf den besonderen Zusammenhang zwischen werkstofforientierter Keramik- bzw. Glasindustrie und dem dazugehörigen Spezialmaschinen- und Anlagenbau hingewiesen.

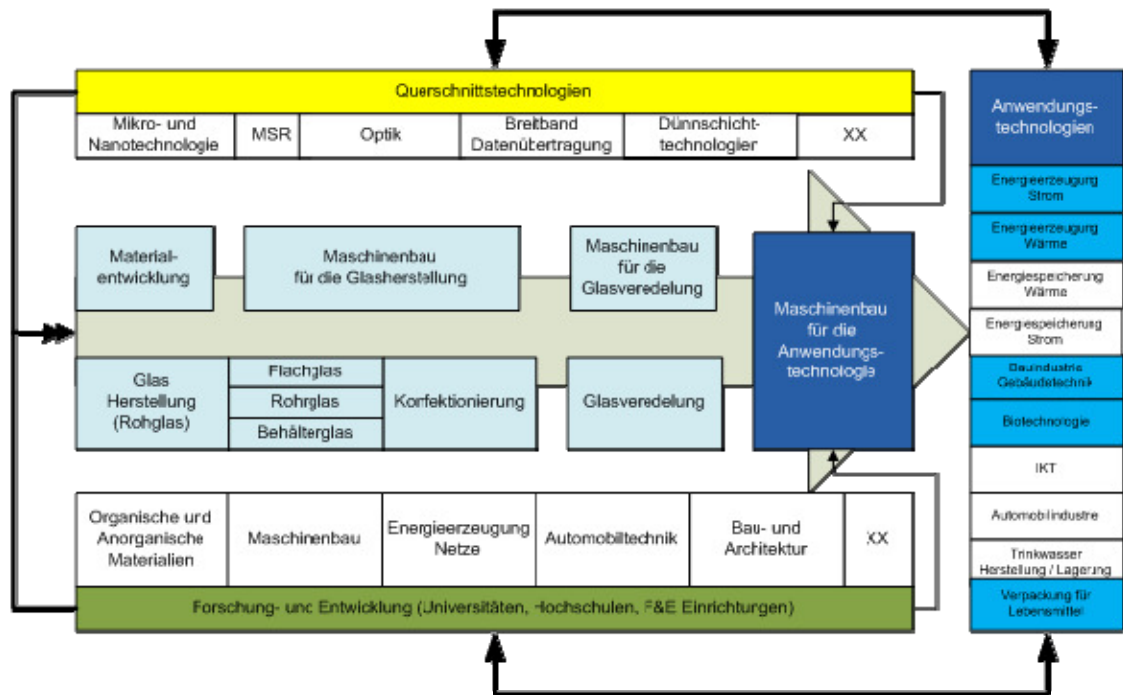


Abbildung ES17: Verknüpfung Material- und Produktherstellung mit Spezialmaschinenbau in Thüringen am Beispiel Glas

Im Hinblick auf die Chancen zur Realisierung der generell bestehenden Wachstumspotenziale ist der Ausbau der Kooperation Industrie – Industrie und Industrie – FuE entlang der Wertschöpfungsketten essentiell. In der folgenden Abbildung wird versucht, die komplexen Kooperationschancen und –risiken für die Keramik- und Glaswertschöpfungsketten darzustellen. Generell sind die Keramik- und Glashersteller auf eine enge Kooperation mit Partnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette angewiesen. Das beginnt bei der Auswahl, Herstellung, Aufbereitung, Weiterentwicklung und Lieferung zweckentsprechender spezifischer Roh- und Hilfsstoffe und betrifft im Herstellungs- und Verarbeitungsprozess eine Vielzahl von Maschinen- und Anlagenbauern (Mischen, Mahlen, Granulieren, Pressen, Foliengießen, Spritzgießen/Werkzeugbau, Pastenverarbeitung/Siebdruck, komplexe thermische Prozesstechnik, Grünbearbeitung, Hartbearbeitung, Finishing, Beschichtung/ Oberflächenmodifizierung, um nur einige wesentliche Aspekte zu nennen), die für die Weiterentwicklung der Technologien, Werkstoffe und Produkte essentiell sind, gleichzeitig aber auch ihrerseits bzgl. des komplexen Know How von der Kooperation mit der Keramik- und Glasindustrie profitieren (Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit).

Im Hinblick auf die auch im Thüringer wirtschaftlichen Gesamtkontext angestrebte Erhöhung der Wertschöpfung dieser Branche gebührt der Schnittstelle zwischen Komponenten- und Bauteilherstellung und den nächsten Wertschöpfungsstufen, die sich zumeist über Baugruppen bzw. Subsysteme bis hin zur Systemintegration ziehen, besondere Bewertung. In aller Regel erfolgt zwischen dem Hersteller der keramischen oder Glasbauteile bzw. Komponenten und deren Kunden eine enge Kooperation im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Werkstoffeigenschaften bzw. weitere komplexe innovative Herausforderungen (Geometrie, Präzision, Zuverlässigkeit, spez. funktionelle Anforderungen u. s. w.). Über diesen Prozess haben sich nahezu alle Thüringer Industrieakteure erfolgreich am Markt etabliert. Die Erhöhung der Wertschöpfung gelingt allerdings mit dem direkten Kunden entlang der WS-Kette in der Regel nicht, da hier die Gefahr der Kannibalisierung der Kunden besteht (roter Pfeil). Andere Akteure

haben die Erfahrung gemacht, dass Kunden den Entwicklungsaufwand für eine innovative Lösung (Werkstoff/Bauteil/Prozesstechnik) dem potenziellen Lieferanten aufbürden, um anschließend die Lösungen in Billigländern produzieren zu lassen.

Erfolgversprechender scheint die Zusammenarbeit mit dem übernächsten Partner in der WS-Kette (Systemhersteller – dunkelgrüner Pfeil). Wenn es hier gelingt, komplexere Innovationen zu bewältigen, bestehen gute Chancen, in der Zukunft auch selbst eine höhere Wertschöpfung zu realisieren (Akteure erwarten über diesen Weg z. T. eine Verdoppelung ihres Umsatzes in der jeweiligen Produktgruppe).

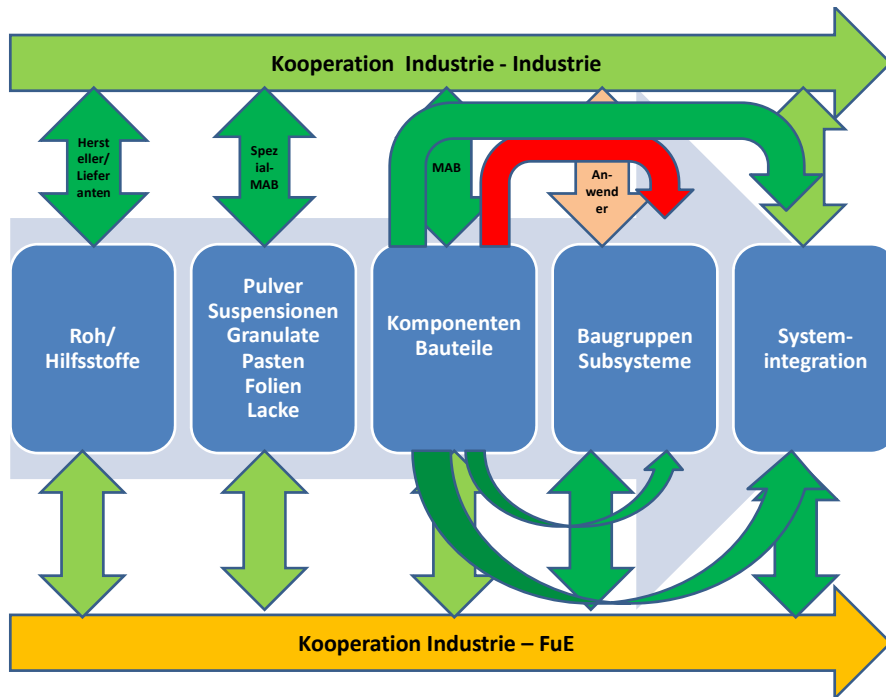


Abbildung ES18: Kooperationschancen und –risiken entlang der Wertschöpfungskette für Keramik – Glas in Thüringen

Im Hinblick auf die Kooperation der Industrie mit externen FuE-Partnern bietet sich – besonders in Anbetracht der bereits gut etablierten Netzwerkstruktur für diese Branche in Thüringen – auch zukünftig weiterhin die Zusammenarbeit entlang der gesamten WS-Kette an. Hier wurden und werden bereits umfangreiche FuE-Projekte auf der Ebene der drei unteren WS-Stufen bearbeitet. Für Thüringen wäre allerdings eine stärkere Systementwicklung/Integration entlang der WS-Kette durch strategische Kooperation zwischen den Clustern und Netzwerken der Anwendungsindustrie GreenTech, MST, Optik, MedTech und Automotive sowie im Bereich FuE mit Partnern, die an innovativen Systemlösungen arbeiten (wie z. B. die TU Ilmenau) möglich und im Sinne einer schrittweisen Erhöhung des Wertschöpfungsniveaus der Thüringer Wirtschaft dringendst anzustreben. Methodisch neuartige Ansätze finden sich unter anderem in den Bewerbungen für die BMBF-Ausschreibung Zwanzig20 zur Thematik BATTERIE 2.0 Skalierbare, nachhaltige, elektrische Energiespeicher, die unter Konsortialführung der Friedrich-Schiller-Universität Jena durch das gemeinsam von FSU, Institut für Organische und makromolekulare Chemie IOMC und dem Fraunhofer IKTS, IT Hermsdorf betriebene CEEC Center for Energy and Environmental Chemistry erarbeitet und eingereicht wurde.

Derartige Ansätze sollten zur Erhöhung der Sichtbarkeit und vor allem der industriebezogenen Wirksamkeit der Ausbildungs- und FuE-Standorte durch **verstärkte Bündelung** entlang virtueller **Wertschöpfungsketten** zielgerichtet ausgebaut werden. Dazu sollten durch die Landesregierung in der zukünftigen Förderpraxis verstärkt Ausschreibungen erfolgen, die sich wachstumsfeldübergreifend an **innovativen Leitprojekten** orientieren und der **strategischen Integration** von Unternehmen und FuE dienen, was sich u. a. zusätzlich auch durch die **demografischen Effekte** (zukünftige Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal) sowie die zukünftigen Herausforderungen zur **Finanzierung** in diesem Bereich erzwingt.

Im Ergebnis der vorliegenden Potenzialstudie wurde eine aktualisierte Einschätzung der grundsätzlichen Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder für Keramik und Glas gemäß Studie von Roland Berger im Vergleich zu den dort getroffenen Einschätzungen für die (gemischte) „Branche“ Kunststoffe/Keramik vorgenommen, die in der vergleichenden Tabelle dargestellt ist.

Die besonders herausragenden Potenziale für Keramik und Glas im Vergleich zur Gesamteinschätzung Kunststoffe/Keramik in den Nachfragefeldern

- Energieeffizienzlösungen
- Nachhaltige Energieerzeugung und –Speicherung sowie
- Rohstoff/Materialeffizienz

sind signifikant.

	Vorsorge/ Gesundheit	Energieeffizienz- lösungen	Rohstoff/ Material- effizienz	Nach- haltige Energie- erzeugung und Speiche- rung	Entsor- gungs- und Recycli- ng- Lösun- gen	Wasser- wirt- schaft	Material- tech- -nik	Verkehr / Logistik	Steu- rungs- und Rege- lungs- lösun- gen	IKT	Lebens- mittel- technik	Erken- nungs- und Identifi- kations- lösun- gen	Moleku- larbiolo- gische Lösun- gen
Kera- mik	++	+++	++	+++	++	+++	+++	++	++	+	+		+
Glas		+++		++	+++	+++	+++			++	+		

	Vorsorge /Gesund- heit	Energie- effizienz- lösungen	Rohstoff Material- effizienz	Nachhal- tige Energie- erzeugung und Speiche- rung	Entsor- gungs- und Recycling - Lösungen	Wasser- wirtschaft	Material- technik	Verkehr/ Logistik	Steu- rungs- und Rege- lungs- lösungen	IKT	Lebens- mittel- technik	Erken- nungs- und Identifi- kationslö- sungen	Moleku- larbiolo- gische Lösungen
Kunst- stoffe /Kera- mik	+++	+	+	+	+	+++	+++	+++	+	+	+		

Tabelle ES2: Vergleich der grundsätzlichen Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder für Keramik und Glas im Ergebnis der vorliegenden Potenzialstudie (oben) mit den Ergebnissen der Studie von Roland Berger für Kunststoffe und Keramik (unten) in Thüringen Quelle: Berger 2011

Ausgewählte Schwerpunktthemen aus Sicht der Thüringer Akteure sind im entsprechenden Kapitel tabellarisch zusammengestellt.

Die im Ergebnis der Befragung identifizierten Anwendungsfelder (siehe z. B. ES 13 – Bezug jeweils in Klammern) wurden unter Berücksichtigung der Querschnittspotenziale der Technologien zu zwei komplexen **Anwendungsbereichen** wie folgt gebündelt:

- Energie – GreenTech (Umwelt) – Ressourceneffizienz – Mobilität (Automotive) und
- Life Science (MedTech) – Mikrosystemtechnik (EETOP) – Optik/Photonik (EETOP)

Portfolio-Darstellungen gewählt, in denen das in Thüringen vorhandene Technologiepotenzial dem zu erwartenden Marktpotenzial gegenübergestellt wurde. Hierbei wurde das Technologiepotenzial in Thüringen unter Zugrundelegung der **Erfolgsfaktoren**

- F/E-Ressourcen
- Existierende/potenzielle Unternehmen einschließlich Sondermaschinenbau
- Potenzielle Ansiedlungen (hier insbesondere für Dünnglaserstellung)

bewertet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

Die Größe der Bubbles ist ein relatives Maß für die bestehende bzw. zu erwartende Umsatzrelevanz. Mit den unterschiedlichen Farben wurden die jeweiligen Anwendungskomplexe voneinander abgehoben.

Im **Applikationsfeld Energie – GreenTech – Ressourceneffizienz - Mobilität** spiegelt sich das relativ hohe zukünftige Marktpotenzial für innovative Material-, Komponenten- aber vor allem Systementwicklungen bei keramischen Batterien und Stromspeichern und anderen auf keramischen Membranen und Katalysatoren basierenden Systemen wider. Bestehende Basis und zukunftsgerichtete Ansätze finden sich hier in Forschergruppen, CEEC, GreenTech-Campus Hermsdorf, Beteiligung Zwanzig20 mit Konzept **BATTERIE 2.0**, Ansiedlungskonzept FCES, Konzept zur Neu- bzw. Ausgründung einer Firma für HT- ionenleitende Keramikmembranen, Projektantrag Power to Gas).

Besonders unter Berücksichtigung der breitgefächerten Kompetenzen um die Bauhausuniversität Weimar einschließlich des IAB gilt dies ebenso für den Bereich der ressourcen- und energieeffizienten Gebäudesysteme.

Experten schätzen ein, dass durch die Neuansiedlung eines Herstellers von Flachglas in Thüringen hier für die Zukunft ein weiteres synergetisches Wachstumspotenzial gehoben werden könnte (vorhandene Industrie- und FuE-Kompetenzen, Know How im Bereich Spezial-MAB).

Die bereits existierenden Felder Keramische Magnete, Komponenten für den Maschinen- und Anlagenbau, Überspannungsableiter und Glasfasern werden weiterhin stabil mit einer durchschnittlichen Rate wachsen.

Im **Anwendungsfeld Life Science, Mikrosystemtechnik und Optik/Photonik** müssen neben dem wiederum hohen Potenzial der keramischen Membranen und des Glases (hier vor allem Rohrglas) besonders die bisher noch nicht ausgeschöpften Synergie- und Systemintegrationspotenziale im Überlappungsbereich der innovativen Materialien mit Mikrosystemtechnik, Optik/Photonik und MedTech deutlich ausgebaut werden. Hier könnten bei intensiverer Cluster- bzw. Netzwerkübergreifender Kooperation zukünftig mehr Innovationen mit Alleinstellungsmerkmalen in Thüringen entwickelt und marktwirksam gemacht werden.

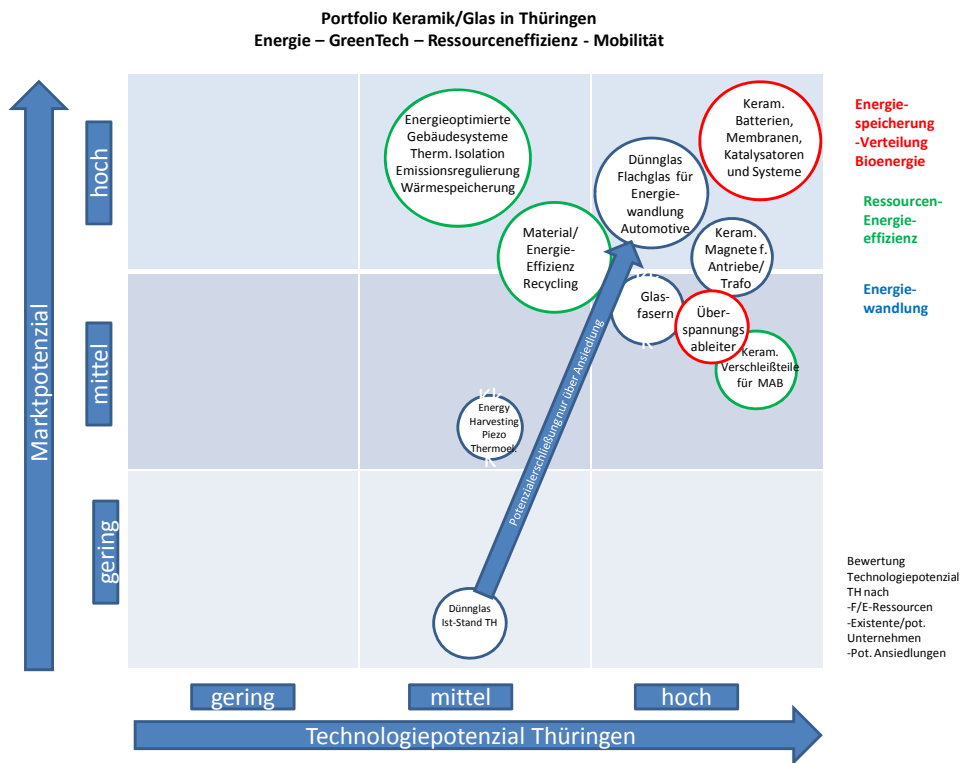


Abbildung ES19: Portfolio Keramik/Glas in Thüringen Energie – GreenTech – Ressourceneffizienz - Mobilität

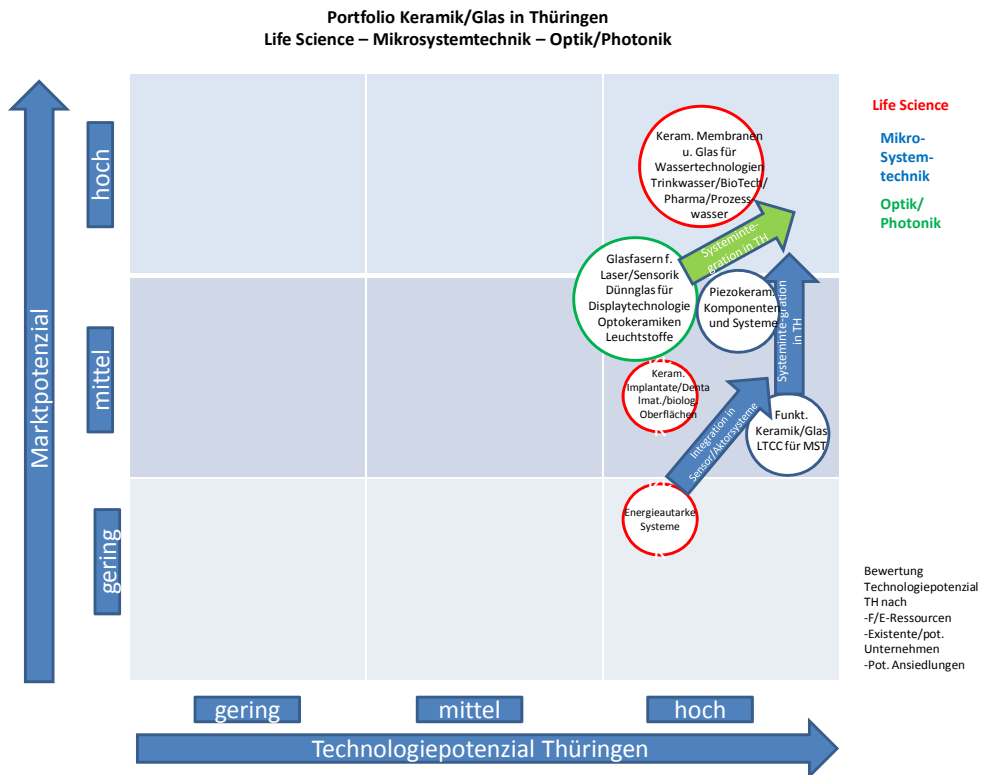


Abbildung ES20: Portfolio Keramik/Glas in Thüringen Life Science – Mikrosystemtechnik – Optik/Photonik

Abschließend wurden die wesentlichen Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Potenzialanalyse zusammengefasst und damit entsprechende Handlungsempfehlungen für die Wirtschafts – und Wissenschaftspolitik und die Akteure (Stakeholder) des Wachstumsfeldes im Freistaat Thüringen abgeleitet.

Zunächst wurde versucht, in einem Portfolio die komplexen Herausforderungen und Chancen zur Erhöhung der Wertschöpfungsstufen über Systemansätze auf Basis der Thüringer Industrie- und FuE-Kompetenzen im Bereich Keramik/Glas zusammenzufassen. Dazu wurden die wesentlichen **Innovationsansätze** hinsichtlich ihrer jeweiligen **Komplexitätsanforderungen** und **Wertschöpfungspotenziale** eingeordnet.

Neben den Unternehmen in den klassischen Feldern der mittleren Wertschöpfung, die auf Basis kontinuierlicher Innovationen im Bereich der Prozesstechniken und Werkstoffe ihr Wachstum weiter vorantreiben werden, ist hier vor allem auf das strategische Potenzial durch **Systemintegration** in Thüringen in den Bereichen **Energie/GreenTech** und **MedTech/Opto/MST** im Sinne von Smart Systems basierend auf intelligenten Materialinnovationen hinzuweisen. Dieses zu erschließen fordert von allen potenziell beteiligten Partnern ein höheres Maß an Kooperationsbereitschaft. Ausgangspunkt dafür sollte eine stärkere Cluster-, netzwerk- bzw. wachstumsfeldübergreifende Arbeit – moderiert durch das ThCM – sein. Dabei ist die **Kompatibilität zum laufenden RIS3-Prozess** der EU mit seinen zwingenden Rahmenbedingungen unbedingt zu sichern.

Dieser **Systemintegrationsprozess** sollte zur Sicherung des kontinuierlichen wissenschaftlichen Vorlaufs im Bereich der Materialien begleitet werden von einer entsprechenden **Grundlagen- und angewandten Forschung** im Bereich der **Smart Materials**, hier insbesondere die Topics einheimische bzw. neue maßgeschneiderte Rohstoffe, Funktionswerkstoffe und Materialherstellung und Processing (das gilt im Übrigen in gleicher Weise für die Klasse der **organischen Materialien bzw. Kunststoffe**, zu denen überdies eine Reihe interessanter Synergie- und Zukunftspotenziale bestehen, die nur durch Überwindung der Abgrenzung zwischen den Materialklassen erschlossen werden können; siehe dazu erfolgreiche Ansätze im Rahmen CEEC).

Zusätzlich sind entlang der gesamten Wertschöpfungskette die Innovations- und Vernetzungspotenziale mit dem in Thüringen ansässigen **Sondermaschinenbau** zu berücksichtigen und im Rahmen des nachfolgenden Roadmap-Prozesses besondere Wachstumspotenziale zu identifizieren und durch branchen- und wachstumsfeldübergreifende Innovationsprojekte auszugestalten.

Die wesentlichen Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung und Unterstützung eines wettbewerbsfähigen, wissensbasierten, integrativen, innovativen und effizienten Wachstumsfeldes Keramik und Glas sind in den beiden abschließenden Abbildungen als kurz-, mittel- und langfristigen Prioritäten für die beiden Komplexe

- **Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge und**
- **Cluster/Netzwerke/Kooperation Industrie/FuE**

zusammengefasst.

Strategisches Portfolio für materialbasierte Produktinnovation und Systementwicklung/Integration auf Basis Keramik/Glas in Thüringen

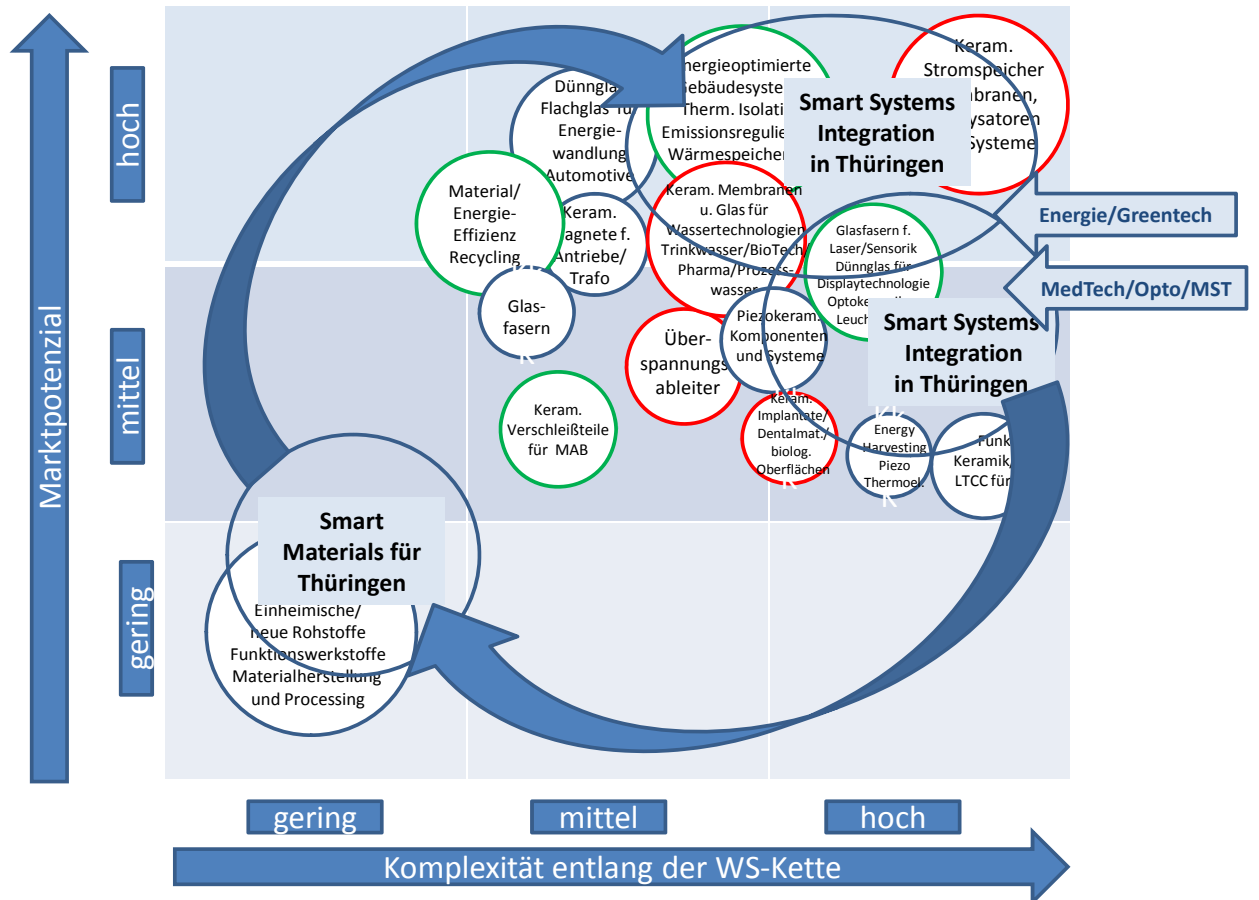


Abbildung ES21: Strategisches Portfolio für materialbasierte Produktinnovation und Systementwicklung/Integration auf Basis Keramik/Glas in Thüringen

**Kurz/mittel/langfristige Prioritäten
Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge**

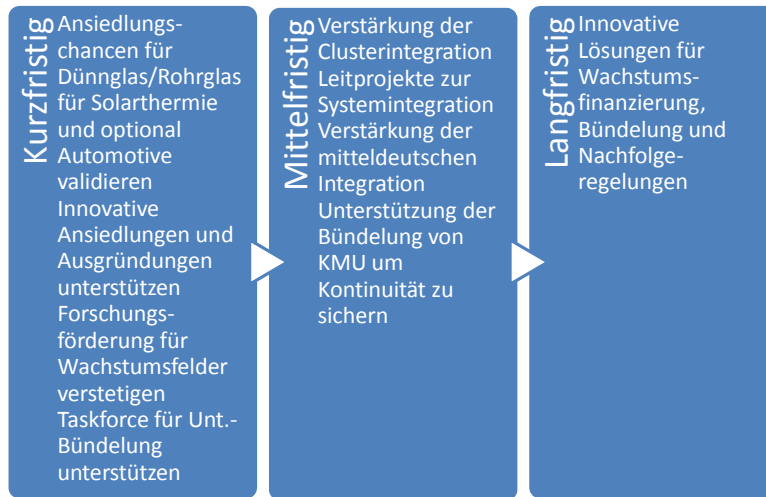


Abbildung ES22: Kurz/mittel/langfristige Prioritäten Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge

**Kurz/mittel/langfristige Prioritäten
Cluster/Netzwerke/Kooperation Unternehmen/FuE**

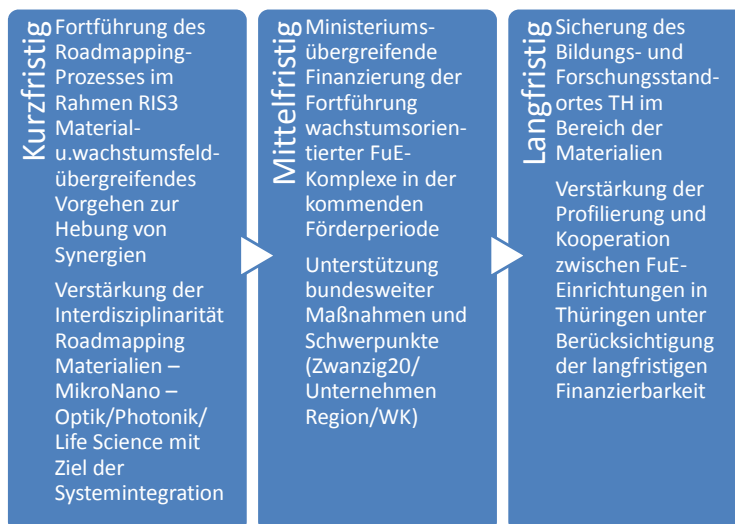


Abbildung ES23: Kurz/mittel/langfristige Prioritäten Cluster/Netzwerke/Kooperation Unternehmen/FuE

2. Aufgabenstellung und Methodik des Vorgehens

2.1. Ausgangspunkt und Aufgabenstellung

Mit dem Ziel eines stabilen Wachstums, hoher Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der Thüringer Wirtschaft hat im Auftrag des TMWAT die Roland Berger Strategy Consultants den Trendatlas 2020 für Thüringen erarbeitet und im Ergebnis u. a. das Wachstumfeld „Kunststoffe und Keramik“ als eines der zukunftssträchtigen Wachstumfelder identifiziert. Nachdem für das Teilgebiet Kunststoffe bereits eine Potentialuntersuchung „Wertschöpfungskettendynamik der Thüringer Kunststoffindustrie – Roadmap für die Thüringer Kunststoffverarbeitungsindustrie“ erfolgte, war im Rahmen dieser Studie der Teilbereich Keramik näher zu untersuchen.

Weltweit werden keramische Materialien/Gläser und hier selbstverständlich primär technische Keramikwerkstoffe als sog. Enabling Technologies bewertet, die wenn auch in der Regel in relativ niedrigen Wertschöpfungsstufen so doch zum Teil wesentlich die Performance leistungsfähiger Gesamtsysteme bestimmen. Beispiele hierzu finden sich sowohl in Massenmärkten wie Automotive oder Maschinen- und Anlagenbau als auch in der Medizin- und Mikrosystemtechnik. Besondere Chancen und Herausforderungen ergeben sich aktuell aus den Zielstellungen zur Eindämmung des Klimawandels insofern, als keramische Komponenten/Gläser und keramisch/Glas basierte Systeme wichtige Beiträge zur Ressourcenschonung, Energieeinsparung, Energieeffizienz bis hin zur Energiespeicherung leisten können.

Thüringen ist ein Land, in dem die Herstellung insbesondere von Funktionskeramiken eine jahrzehntelange Tradition hat, die kontinuierlich von Entwicklungsaktivitäten auf werkstoffwissenschaftlichem und verfahrenstechnischem Gebiet begleitet wurde. Vor allem auch im Zuge des durch die deutsche Wiedervereinigung und Währungsunion bedingten Anpassungs- und Restrukturierungsprozesses ist es vielen eher mittelständisch strukturierten Unternehmen gelungen, sich den Anforderungen des nationalen und internationalen Marktes zu stellen und durch Spezialisierung, Kundennähe und Flexibilität anerkannte Positionen zu erarbeiten. Basis waren auch in diesem Prozess Weiterentwicklungen des werkstoff- und verfahrenstechnischen Know-how der Betriebe, kundenorientierte Innovationen sowie umfangreiche Investitionen. Kooperationen mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen haben hierbei eine wichtige Rolle gespielt und gleichzeitig einen Beitrag zur Ausbildung von Nachwuchs geleistet. Diesen markt-, technologie- und innovationsgetriebenen Prozess gilt es für die Zukunft durch aktive Ausschöpfung der Wachstumspotentiale weiter zu stabilisieren.

Dafür soll diese Potentialanalyse im ersten Schritt eine Grundlage bieten durch

- Analyse aktueller nationaler und internationaler Trends im Bereich der keramischen Materialien und Gläser, Werkstoffe, Technologien und deren Anwendungsfelder für Zukunftsmärkte
- Berücksichtigung tangierender Material- und Technologiefelder wie Roh- und Ausgangsstoffe, Spezialpulver und –Granulate, Glas und Glaskeramik, Nanotechnologien, Grenz- und Oberflächentechnologien, Verbund-, Hybrid- und Gradientenwerkstoffe, Mikro-Nano-Integration

- Bestandsaufnahme der Thüringer Unternehmen im Bereich der Keramik mit Schwerpunkt Technische Keramik aber auch anderer anorganisch nichtmetallischer Materialien wie Technisches Glas, Glaskeramik, funktionelle Pulver, Granulate und andere Spezialmaterialien (z. B. Leuchtstoffe) hinsichtlich
 - Technologieposition im Vergleich zum internationalen Benchmark
 - Marktposition im Vergleich zum internationalen Benchmark
 - Bisher erzielttes Wachstum bzgl. Umsatz, Beschäftigung, Exportquote, Wertschöpfung, F&E- Intensität
 - Analyse der Produktpalette nach Anwendungsfeldern.

Dabei soll insbesondere eine differenzierte Betrachtung nach großen und eher klein- und mittelständisch strukturierten Unternehmen erfolgen.

Aufbauend auf dieser Bestandsaufnahme sollten in einem zweiten Schritt die Wachstumspotentiale der Thüringer Unternehmen für zukünftige Anwendungen in den Segmenten

- Automotive
- Energie
- Medizin/Gesundheit
- Maschinen- und Anlagenbau inkl. Chemie
- Optik/Sensorik
- Umwelt
- Ressourceneffizienz

analysiert werden.

Dabei soll besonderes Augenmerk auf die Problematik der interdisziplinären Kooperation und Vernetzung zu Anwenderbranchen und benachbarten Technologien gerichtet werden. Diese Potential- und Vernetzungsanalyse ist sowohl auf der thüringischen Plattform aber selbstverständlich auch im nationalen bis hin zum internationalen Markt zu vollziehen.

Die Erkenntnisse sind in entsprechenden Portfolio-Darstellungen sowie gesamthaft in einer SWOT-Analyse zusammenzufassen.

Schließlich sollen im dritten Schritt strukturierte Vorschläge zur Ableitung von Maßnahmen der Wirtschaftspolitik des Freistaates Thüringen abgeleitet werden im Sinne von

- Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung und Unterstützung eines wettbewerbsfähigen, wissensbasierten, integrativen, innovativen und effizienten Wachstumsfeldes Keramik und Glas
- Identifizierung potenzieller Auslandsmärkte, die für das Wachstumsfeld Keramik und Glas eine große Bedeutung haben werden
- Vorschläge für geeignete Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Thüringen
- Identifizierung von Lücken in Thüringer Wertschöpfungsketten und Ableitung für die Akquisitionsstrategie
- Rahmenbedingungen für die Stimulierung von Neu- und Ausgründungen
- Handlungsfelder einer maßgeschneiderten Weiterbildungs- und Personalpolitik

Mit der Studie sollen damit wesentliche Grundlagen für die Erstellung einer qualifizierten Roadmap im Wachstumsfeld Keramik sowie einer wachstumsfeldübergreifenden Roadmap 2020 und für ein qualifiziertes Technologie- und Standortmarketing des Freistaates Thüringen geschaffen werden.

2.2. Vorgehensweise/Methodik

Fundament der Studie bildet zunächst eine Analyse aktueller nationaler und internationaler Trends im Bereich der keramischen Materialien und Gläser, Werkstoffe, Technologien und deren Anwendungsfelder für Zukunftsmärkte. Dabei werden unter Zugrundelegung der Ergebnisse der Studie von Roland Berger die Mega-Trends in ihrer spezifischen Bedeutung für die Keramik- und Glasbranche analysiert.

Auf Basis aktuell verfügbaren Datenmaterials einschließlich entsprechender Roadmaps werden internationale und nationale Markttrends sowie Technologietrends für die Keramik- und Glas/Glaskeramik-Branche herausgearbeitet. Zur Einordnung der Thüringer Innovationsaktivitäten erfolgt eine vergleichende Analyse der Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet von Keramik und Glas im nationalen Kontext.

Die besondere Bedeutung tangierender Material- und Technologiefelder sowie Aspekte wie

- Roh- und Ausgangsstoffe,
- Spezialpulver und –Granulate,
- Nanotechnologien, Grenz- und Oberflächentechnologien,
- Verbund-, Hybrid- und Gradientenwerkstoffe,
- Mikro-Nano-Integration

wird beispielhaft erörtert.

Wesentlicher Bestandteil dieser Studie ist die Analyse zum Stand der Technik, aktuellen Trends und Bestandsaufnahme in Thüringer Unternehmen auf Basis einer standardisierten Unternehmensbefragung. Die Abgrenzung der Befragung wird im Einzelnen in Kapitel 4 beschrieben. Generell sei jedoch – auch ausgehend von den Ergebnissen der Studie von Roland Berger – bereits hier darauf verwiesen, dass sich die innovativen und Wachstumsaspekte vorrangig im Bereich von technischer Keramik finden werden. Jedoch sollen auch innovative Aspekte der in Thüringen angesiedelten erfolgreichen Unternehmen z. B. im Bereich der Geschirrkераmik nicht unbeachtet bleiben, weil auch deren stabiler Bestand in der Zukunft von Innovationen abhängig sein wird.

Zusätzlich zur keramischen Industrie wurden deshalb auf Anregung der einheimischen Glasindustrie nach vorheriger Abstimmung mit dem Auftraggeber LEG auch relevante Unternehmen aus dem Bereich der Glas- und glaskeramischen Industrie sowie der Herstellung spezieller funktioneller Pulver und Materialien bei der Befragung berücksichtigt.

Ausgehend von der Bestandsaufnahme erfolgt die Analyse von Wachstumspotentialen im Wachstumsfeld Keramik und Glas in Thüringen. Dabei sind zunächst die Wettbewerbspositionierung auf den nationalen und internationalen Märkten zu bestimmen und die Innovationspotentiale für die jeweiligen Marktsegmente mit Zukunftspotential

herauszuarbeiten. Neben diesem „linearen“ Ansatz sind darüber hinaus besonders die Wachstumspotentiale zu beleuchten, die sich unter den Aspekten

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung
- Nanotechnologieimplementierung
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit
- Ressourceneffizienz
- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

durch interdisziplinäre Kooperation ergeben.

Neben dem eher technologisch determinierten Zugang zu Wachstumspotentialen sind in einer weiteren Stufe interdisziplinäre Innovationsansätze entlang der Wertschöpfungskette für wichtige Anwendungsfelder mit besonderer Bedeutung für Thüringen zu untersuchen.

Aufbauend auf den vorgenannten Analysen werden im Ergebnis Handlungsempfehlungen für das Feld von Keramik und Glas in Thüringen abgeleitet. Entsprechend der Aufgabenstellung sind die Schlussfolgerungen und Ansätze vorrangig auf die folgenden Aspekte gerichtet:

- Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung und Unterstützung eines wettbewerbsfähigen, wissensbasierten, integrativen, innovativen und effizienten Wachstumfeldes Keramik
- Identifizierung potenzieller Auslandsmärkte, die für das Wachstumfeld Keramik eine große Bedeutung haben werden
- Vorschläge für geeignete Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Thüringen
- Identifizierung von Lücken in Thüringer Wertschöpfungsketten und Ableitung für die Akquisitionsstrategie
- Rahmenbedingungen für die Stimulierung von Neu- und Ausgründungen
- Handlungsfelder einer maßgeschneiderten Weiterbildungs- und Personalpolitik.

3. Analyse aktueller nationaler und internationaler Trends im Bereich der Keramik- und Glas-Materialien, Werkstoffe, Technologien und deren Anwendungsfelder für Zukunftsmärkte

3.1. Mega-Trends und ihre Bedeutung für die Keramik- und Glasbranche

In diesem Kapitel sollen wesentliche aktuell verfügbare Analysen zu den Mega-Trends referiert werden, um auf dieser Basis in den Folgekapiteln mögliche Konsequenzen und insbesondere Wachstumschancen für Keramik und Glas ableiten zu können. Dabei wird entsprechend der Aufgabenstellung dieser Studie vor allem Bezug auf die Trendanalyse im Rahmen der Studie von Roland Berger (Berger 2011) genommen. Die Autoren leiten hierin in einem mehrstufigen Prozess zunächst 30 Megatrends in 6 Kategorien und daraus 160 Sub-Trends ab, die die Megatrends aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchten. Daraus resultieren 259 Trendfelder, von denen 180 eine relevante Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen, unter denen wiederum 134 ein hohes bzw. sehr hohes Kommerzialisierungspotenzial in sich tragen. Die 134 Trendfelder entfallen auf 22 Megatrends, wovon wiederum 11 eine sehr hohe Relevanz aufweisen. Die 11 Megatrends mit sehr hoher Relevanz sind:

- Todesursachen
- Medizinische Dienstleistungen
- Klimawandel
- Energie
- Wasser
- Ökosystem/Biodiversität
- Weiterbildung
- Infrastruktur
- Sicherheit
- Urbanisierung
- Medien

Ausgehend davon werden 13 trendinduzierte technologische Nachfragefelder identifiziert und deren Erschließungspotenziale durch Anwendungs- und Querschnittstechnologien in Wirtschaft und Forschung und Entwicklung hinterfragt. Die Einschätzungen für den Bereich Kunststoffe/Keramik im Rahmen der Roland Berger Studie gibt die folgende Tabelle wider.

	Vorsorge /Gesundheit	Energieeffizienz-lösungen	Rohstoff Material-effizienz	Nachhaltige Energie-erzeugung und Speiche-rung	Entsor-gungs- und Recycling - Lösungen	Wasser-wirtschaft	Material-technik	Verkehr/ Logistik	Steu-rungs- und Rege-lungs-lösungen	IKT	Lebens-mittel-technik	Erken-nungs- und Identifi-kationslö-sungen	Moleku-larbiolo-gische Lösungen
Kunststoffe /Keramik	+++	+	+	+	+	+++	+++	+++	+	+	+		

Tabelle 1: Grundsätzliche Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder für Kunststoffe und Keramik in Thüringen
Quelle: Berger 2011

Man erkennt bereits hier die hohe Querschnittbedeutung der beiden Materialklassen für nahezu alle Nachfragefelder. Auf Grund der zu differenzierenden Betrachtung für Kunststoffe einerseits und Keramik/Glas andererseits wird man im Ergebnis der vorliegenden

Studie eine noch deutlichere Ausprägung der Bedeutung für die Vielzahl der Nachfragefelder finden.

Im Hinblick auf die Problematik der Megatrends soll hier in Ergänzung zur Roland Berger Studie nur eine weitere Quelle ausgewertet werden: Die 2012 publizierte KPMG-Studie „Expect the Unexpected: Building business value in a changing world“ (KPMG 2012). Hierin werden 10 Global Sustainability Megaforces wie folgt herausgearbeitet:

- Klimawandel
- Energie & Brennstoffe
- Material- und Ressourcenverknappung
- Wasserverknappung
- Bevölkerungswachstum
- Reichtum
- Urbanisation
- Lebensmittelsicherheit
- Verschlechterung des Ökosystems
- Entwaldung.

Besonderes Gewicht dieser Studie liegt auf der Komplexität der parallelen und antiparallelen Wirkungen dieser „Megaforces“ und der daraus resultierenden Unbestimmtheit der Zukunftsszenarien. Es wird vorhergesagt, dass ein besonderer Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Entwicklung von Unternehmen in der Zukunft darin bestehen wird, in welchem Maße sie in der Lage sein werden, ihre Situation in der sich komplex wandelnden Situation zu analysieren und ihre Ressourcen darauf auszurichten. Auf der Grundlage mathematischer Modelle werden eine Vielzahl von potenziellen Szenarien skizziert. Es sollen hier mit Bezug zum Feld Keramik/Glas nur 4 ausgewählte Szenarien mit ihren Schlüsselbegriffen genannt werden, um das Spannungsfeld von Risiken und Chancen beispielhaft anzureißen:

- Freshwater: Das Wasser-Management im globalen Maßstab wird extrem unsicher und risikvoll durch den Klimawandel
- Green Economy: Die Investition von jährlich 2 % des globalen BIP (GDP) in 10 Sektoren könnte den Übergang zu einer low-carbon, ressourceneffizienten globalen Ökonomie unterstützen
- Renewable Energy: Ein herausforderndes Szenario, bei dem der gesamte weltweite Energieverbrauch durch erneuerbare Energien bis 2050 auf effektive und kosteneffiziente Weise gedeckt werden könnte.
- Ressource Decoupling: Drei Szenarien für die zukünftige globale Materialnutzung; radikale Innovationen sind gefordert um eine Entkopplung vom Ressourcenverbrauch und dessen Auswirkung vom wirtschaftlichen Wachstum und dem allgemeinen Wohlstand zu erreichen.

3.2. Internationale und nationale Technologietrends für Technische Keramik und Glas

In diesem Kapitel sollen die wesentlichen internationalen und nationalen aktuellen Analysen und Roadmaps mit Bezug auf die Bedeutung von Materialien generell und von Keramik und Glas im Besonderen referiert werden.

Eine äußerst umfangreiche, wissenschaftlich tiefgreifende „Global Roadmap for Ceramic and Glass Technology“ wurde 2007 durch die American Ceramic Society (ACerS) von Freiman als Herausgeber publiziert (Freiman 2007). Das Kompendium basiert im

Wesentlichen auf dem Stand des 1st International Congress on Ceramics (ICC) in Toronto 2006, der in Zusammenarbeit von ACerS und ECerS (European Ceramic Society) organisiert wurde und an der Vertreter aus 40 Ländern teilnahmen.

Analog zu den Sessions dieser Tagung werden folgende Anwendungsfelder mit hohem Zukunftspotenzial für Keramik und Glass adressiert:

- Biologie und Medizin
- Consumer Produkte
- Elektronik
- Energie
- Umwelt
- Glas und optische Materialien
- Innovationen und Inventionen
- Multiple Anwendungen
- Transport.

Es sei darauf hingewiesen, dass im Kontext dieser Tagung und Publikation der Begriff „Ceramics“ als „any inorganic material“, also jegliches anorganisch (nichtmetallisches) Material definiert wird.

Generell wird für die Materialklasse Keramik konstatiert, dass einerseits bei der Mehrzahl der technischen Laien eine weitestgehende Unkenntnis über die Vielfalt von technischen Anwendungen von Keramik und deren Bedeutung für das tägliche Leben zu verzeichnen ist, andererseits keramische Anwendungen häufig die Basis technologischer Durchbrüche sind (z. B. arbeitet kein Mobiltelefon ohne Keramik und die Datenübertragung durch optische Glasfasern bildet das Rückgrat der modernen Telekommunikation).

Unter technischen und technologischen Aspekten werden im Sinne der Roadmap für bestimmte Anwendungsbereiche zukünftige Herausforderungen formuliert, die hier im Überblick kurz tabellarisch zusammengefasst werden sollen.

Anwendungsfeld	Trends/zukünftige Herausforderung
Elektronik <ul style="list-style-type: none"> • Packaging für IT • Piezoaktoren für Automotive • Superkondensatoren 	Weitere Miniaturisierung, höhere Integrationsdichte, Kostenreduzierung, Ausbeuteerhöhung, Erhöhung der Komplexität, Multimaterialsysteme (Keramik, Metall, Polymer) für niedrigere Prozesstemperaturen, LTCC mit integrierten aktiven und passiven Komponenten Bulk-Eigenschaften der Piezokeramik weniger von Bedeutung als deren Integration und Funktionalität in miniaturisierte, komplexere Packages neue Prozesse für Multilayer Kohlenstoffstrukturen für die Anwendung in Batterien für e-Mobilität; flexible anorganische Elektronikkomponenten aus GaAs
Medizin	Dritte Generation von Biomaterialien (integrierte biologische Reaktionen) erfordert komplexes, interdisziplinäres Vorgehen mit Biochemie, Zellphysiologie, Physik und Medizin In-vitro und in-vivo Experimente und klinische Versuche Engineering des Materials Kontrolle von Verunreinigungen und Morphologie (z. B. Phasenstabilität)
Umweltschutz, Gesundheit, Sicherheit	Umweltschonende Fertigungsprozesse (Reduzierung der Green House Gase, Vermeidung von Luft- und Wasserverschmutzung, Aufrechterhaltung der natürlichen Ressourcen, Sicherheit bei Fertigung mit Nanopartikeln, Recycling für Ressourcenschutz) Vertiefung des Verständnisses photokatalytischer Prozesse mit TiO ₂ Keramik-Kondensatoren für Deionisierung von Wasser
Transport	Signifikanter Markt für Keramik in Dieselmotoren mit hoher Kraftstoffeffizienz, Langzeitstabilität und Emissionsreduzierung (z. B. SiC, Si ₃ N ₄ , ZrO ₂ für tribologischen und Hochtemperatur-Einsatz, Al ₂ O ₃ -Faserverstärkung von Al-Gußteilen, keramische Gießfilter, Katalysatorträger und Dieselpartikelfilter, Piezoaktoren für Einspritzsysteme, keramische Coatings)

	Verbesserung der Katalysatorsysteme für Dieselanwendungen, keramische Low-Cost-Katalysatoren zur Reduzierung des Edelmetalleinsatzes, Sensortechnologien für Kraftstoff-, Emissionskontrolle und Motorsteuerung Wachsende Bedeutung von Keramiken und CMC (Ceramic Matrix Composites) als Hochtemperaturkomponenten in Industriemotoren, Flugzeugturbinen, Gasturbinen, APU und neuen Anwendungen
Energie	Für breiten Einsatz von SOFC sind signifikante Kostenreduzierung und Erhöhung der Langzeitstabilität und Zuverlässigkeit erforderlich Breiter Einsatz von HT-Supraleitern für Energieübertragung erfordert deutliche Reduzierung der Fertigungskosten
Optik und Photonik	Erhöhung der Transparenz polykristalliner Keramiken durch Minimierung des Kornwachstums, Verbesserung der Sinterbarkeit von Nanopulvern, Erhöhung der Reinheit, Erhöhung der Festigkeit optischer Materialien Für klassische Glastechnologie beschleunigte Schmelzprozesse und Abgasreinigung erforderlich Neue Glaskompositionen; Erhöhung der Festigkeit von Glas
Verschleiß/Antiballistik	Erhöhung der Festigkeit und Schockbeständigkeit von Keramiken (insbes. auch transparenten) für Verteidigungsanwendungen Zunehmender Einsatz von Borcarbid
Consumer	Neue Prozesstechniken (z. B. Hochenergiemahlung) Entwicklung energieeffizienter Fertigungsprozesse mit signifikanter Kostenreduzierung „green manufacturing technology“ gewinnt an Bedeutung

Tabelle 2: Trends/zukünftige Herausforderungen für die Keramik

Quelle: Freiman 2007

Über die zu lösenden technischen Herausforderungen hinaus wurden wirtschaftliche, politische und soziale Querschnittsthemen von hoher Relevanz benannt, die allein aus der technischen Perspektive nicht gelöst werden können, wie

- Innovation
- Ausbildung
- Messtechnik und Standardisierung
- IP-Sicherung
- Informationsbasis für Materialien
- Wirtschaftlichkeit.

Unter dem Titel „Hochleistungskeramik 2025“ wurden im Jahre 2008 die Ergebnisse einer Strategieinitiative für die Keramikforschung in Deutschland des Koordinierungsausschusses Hochleistungskeramik der Deutschen Keramischen Gesellschaft DKG und der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde DGM veröffentlicht (Rödel 2008), siehe auch (Rödel 2009).

Diese nationale Roadmap Hochleistungskeramik verfolgt das Ziel, die auf Grund des globalen dynamischen Wandels bestehenden komplexen Herausforderungen insbesondere für das Gebiet der technischen Keramik in Deutschland sowohl seitens der Industrie als auch in den F/E- und Ausbildungseinrichtungen auf einer soliden Grundlage besser bewältigen zu können, um damit langfristig die Wettbewerbsfähigkeit in diesem strategisch wichtigen Segment zu gewährleisten. Für wesentliche Anwendungsperspektiven sind sowohl die technischen und technologischen Herausforderungen analysiert als auch die erforderlichen Fortschritte in der Forschung und Erkenntnis der Grundlagen der Materialien und Prozesse abgeleitet worden.

Auf Grund der nach wie vor bestehenden hohen Aktualität der Ergebnisse dieser Studie sollen hier die wesentlichen Aspekte für die einzelnen Anwendungs- und Erkenntnisfelder in der kompakten Form der grafischen Darstellung aus der Studie zitiert bzw. übernommen werden.

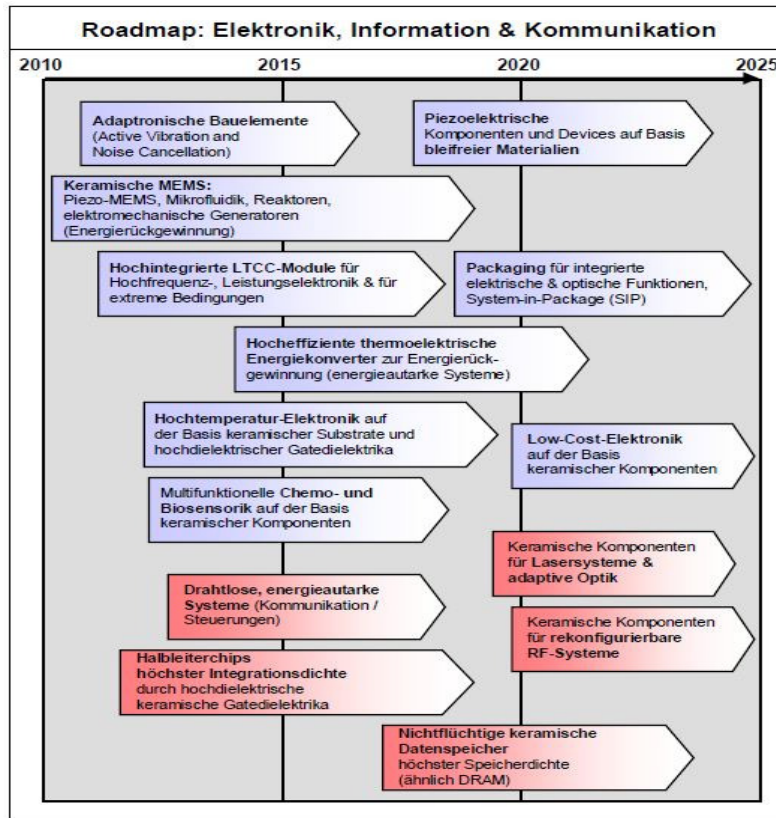


Abbildung 1: Roadmap: Elektronik, Information & Kommunikation

Quelle: Rödel 2008

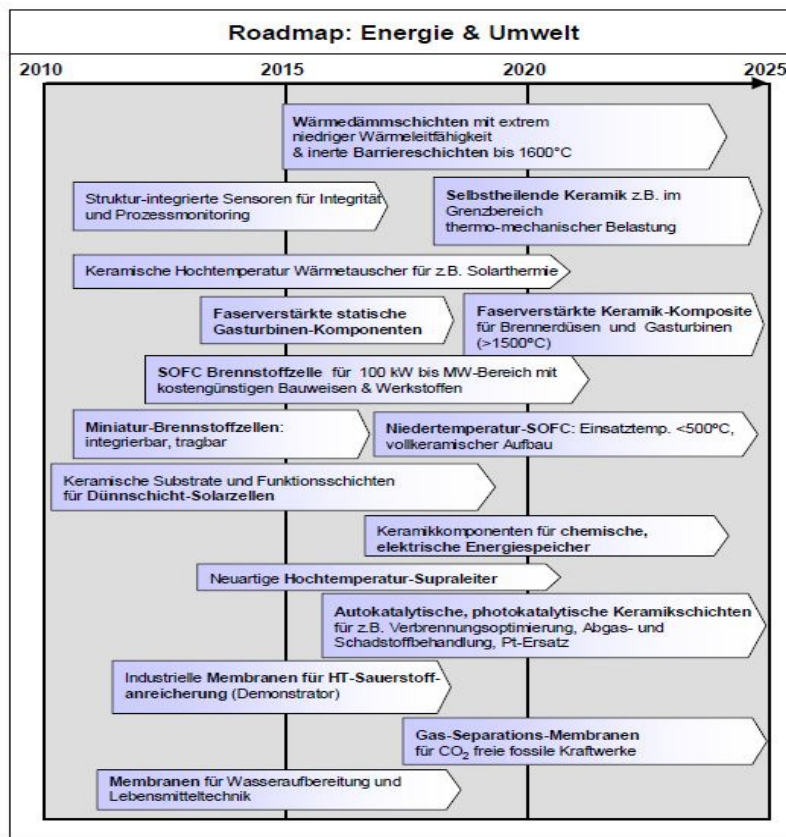


Abbildung 2: Roadmap: Energie & Umwelt

Quelle : Rödel 2008

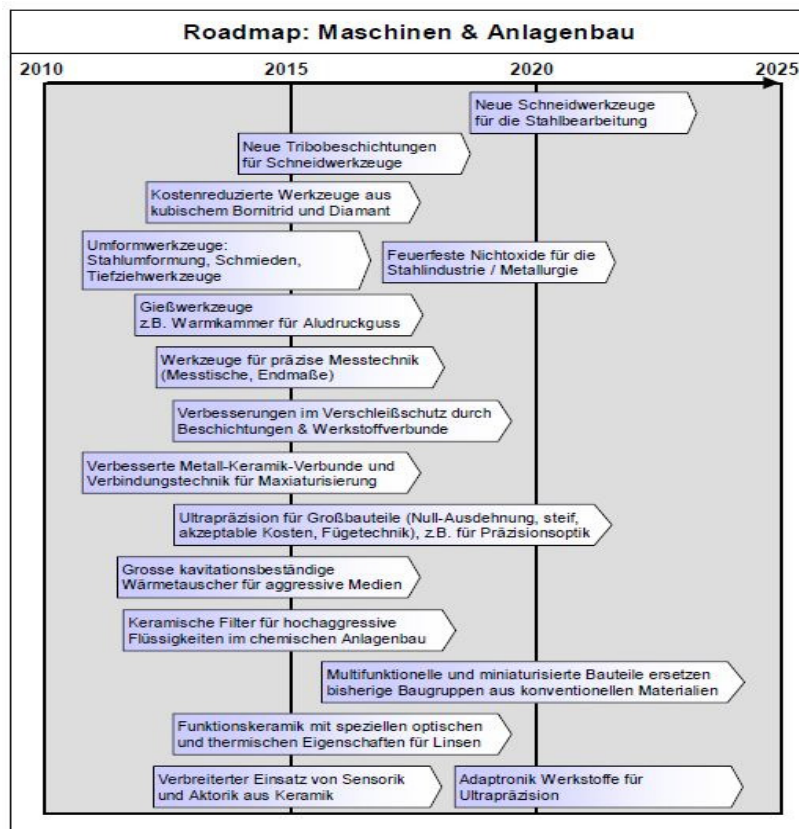


Abbildung 3: Roadmap : Maschinen- und Anlagenbau

Quelle: Rödel 2008

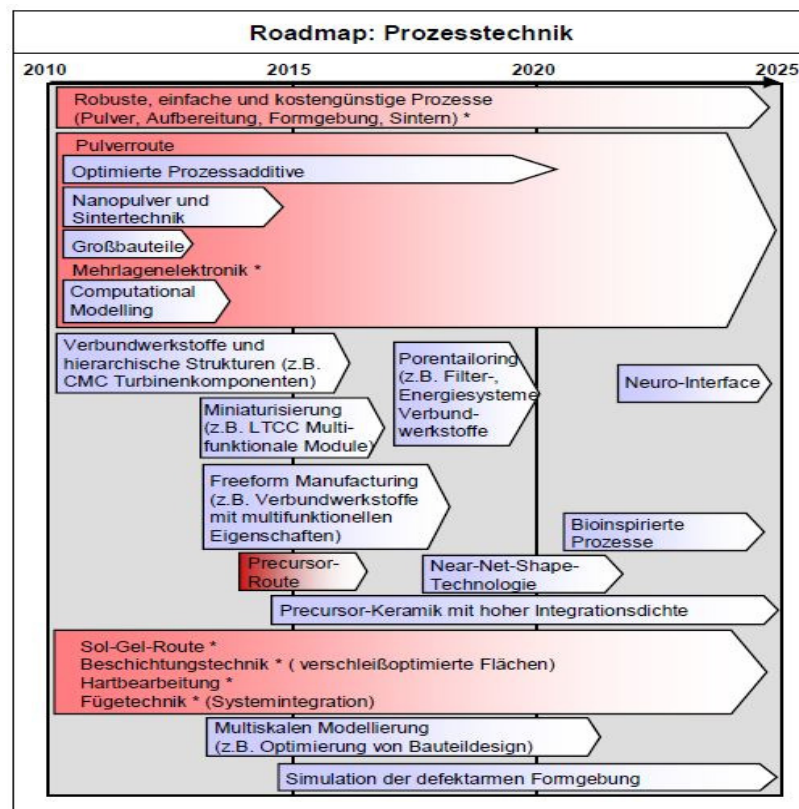


Abbildung 4: Roadmap: Prozesstechnik

Quelle: Rödel 2008

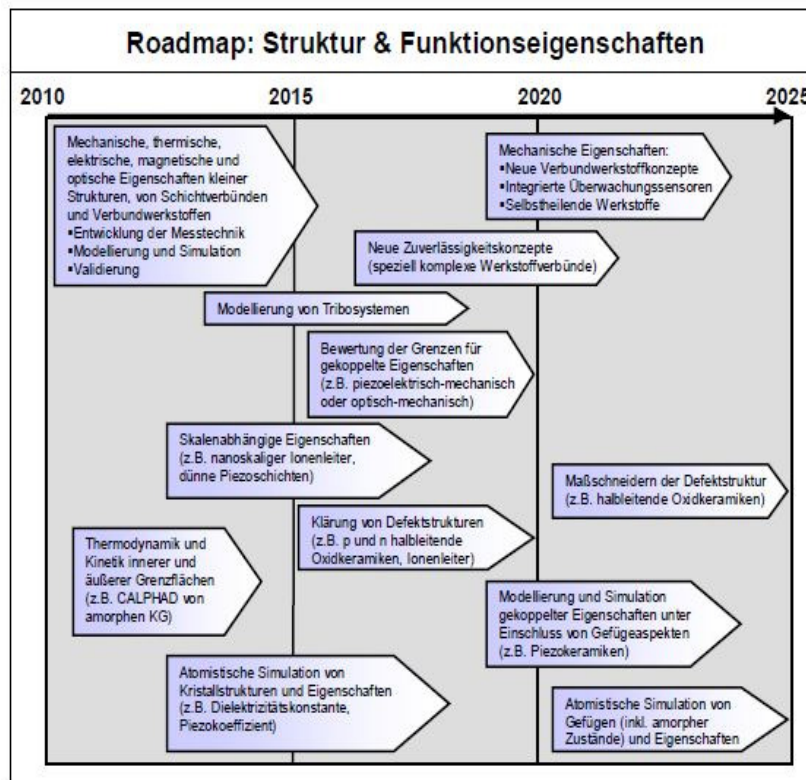


Abbildung 5: Roadmap: Struktur- und Funktionseigenschaften

Quelle: Rödel 2008

Ausgelöst durch die Katastrophe von Fukushima und die im Wesentlichen in der Folge davon in Deutschland eingeleitete Energiewende wurde im Koordinierungsausschuss Hochleistungskeramik von DKG und DGM beginnend im Mai 2011 ein Review-Prozess mit dem Ziel der weiteren Präzisierung insbesondere im Hinblick auf die aus der Energiewende resultierenden Herausforderungen eingeleitet. Dabei liegt der Fokus auf den Anwendungsfeldern

- Energie
- Maschinen- und Anlagenbau und
- Mobilität.

Die Ergebnisse des in Zusammenarbeit von Experten sowohl aus der keramischen und Anwendungsindustrie als auch aus dem Bereich F/E vorangetriebenen Prozesses werden Ende 2013 vorliegen (Voigtsberger 2013)

Auf Europäischer Ebene hat die Cerame-Unie (The European Ceramic Industry Association) im Jahre 2012 unter dem Titel „Paving the way to 2050“ eine Roadmap der keramischen Industrie veröffentlicht (Cerame-Unie 2012). Die Cerame-Unie ist der Wirtschaftsverband der Europäischen Keramikindustrie mit mehr als 2000 Unternehmen aus 25 EU-Mitgliedsländern, in denen mehr als 200.000 Mitarbeiter beschäftigt sind und von denen ca. 80 % KMU sind. Mit einem Volumen von 28 Mrd. € hält Europa 23 % der globalen Keramikproduktion, wobei Deutschland nach Italien das zweitführende Land ist. Der Keramiksektor leistet einen positiven Beitrag zur Handelsbilanz der EU: Ca. 25 % der EU-Produktion werden außerhalb der EU exportiert (2011 7,2 Mrd. €, wohingegen die Importe nur 3,5 Mrd. € ausmachten). Der Anteil der technischen Keramik am Gesamtvolumen betrug 2011 8 % (21 % Ziegel/ Dachziegel/Steinzeugrohre).

Mit der Roadmap wird herausgearbeitet, dass die Europäische Keramikindustrie mit der Breite ihrer Produkte vom Bau bis zu Konsumgütern und fortgeschrittenen Technologien einen wichtigen Beitrag insbesondere auch für viele Anwenderindustrien vor allem im Hinblick auf Ressourcen- und Energieeffizienz hat. Besonderes Augenmerk gilt den Prozessen, die erforderlich sind, um die von der Europäischen Kommission bis 2050 geforderte Reduzierung der industriellen Emissionen (83-87 %) umzusetzen. Im Strategiepapier werden 78 % Reduzierung als realisierbar eingeschätzt, erfordern jedoch erhebliche technische und ökonomische Rahmenbedingungen und Ressourcen. Dabei machten die Emissionen bei der Herstellung von Ziegeln und Dachziegeln, Feuerfestmaterialien und Boden- und Wandfliesen 2010 insgesamt 19 Mt CO₂ aus, wovon 66 % auf Verbrennungsprozesse, 18 % auf Elektrizität und 16 % auf Prozessemissionen fielen. Es werden verschiedene Szenarien zur CO₂ - Reduzierung u. a. durch Elektrifizierung von Sinteröfen dargestellt. Als weitere Methoden zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz werden Maßnahmen zur Senkung des Wasserverbrauches und beim Recycling benannt. Was die keramischen Baumaterialien (Ziegel und Dachziegel) betrifft wird neben der Tatsache, dass diese Produkte aus natürlichen Rohstoffen hergestellt und damit nicht toxisch sind (keine VOC), ihre besondere Bedeutung für nachhaltiges Bauen (hohe Feuerresistenz, hohes Isolationsvermögen gegen Wärme/Kälte, Lärm, Vibrationen, Elektrizität und elektrostatische bzw. ionisierende Strahlung) herausgehoben.

Für den Bereich der Technischen Keramik werden die herausragenden und einzigartigen Eigenschaften von Keramik für die Anwendungsfelder mit hohem Zukunftspotenzial wie folgt analysiert:

- Gesundheitswesen (Biokompatibilität, Verschleißfestigkeit, chemische und Korrosionsstabilität und geringes allergenes Potenzial)
- Elektronik (Substrate, IC-Carrier, keramische Wärmesenken für Leistungselektronik, piezokeramische Komponenten, elektromechanische Transducer, Sensoren, Aktuatoren u. a.)
- Sicherheit und Transport (IR-Nachtsichtgeräte, keramische Coatings für Turbinenschaufeln, Bremscheiben und Lager, Dichtungen und Ventile, Vakuumkomponenten, Abgaskatalysatoren, hochtemperaturstabile Einspritzsysteme u. a.)
- Erneuerbare Technologien (hochwertige Schleifmittel und Verschleißkomponenten, Feuerfestmaterialien z. B. für die Produktion von Solarpanels oder Silicon Wafern, Windkraftanlagen, Solarpanelkomponenten, Wälzlager, Wärmesenken, Brennstoffzellen u. a.).

Für eine nachhaltige Zukunft werden die Potenziale aufgezeigt, die durch Forschung auf dem Gebiet maßgeschneiderter nanostrukturierter Keramikmaterialien zur Energiespeicherung (vor allem aus Windkraft- und Solaranlagen) zur Lösung des sog. Energie-Bottleneck erschlossen werden können. Nanokeramiken werden als Schlüssel für die Energiespeicherung durch Superkondensatoren auch im Bereich der Mobilität gesehen. Weitere Potenziale liegen in nicht toxischen Coatings als Rostschutz und einer neuen Generation von Wasserfiltern.

Die europäische Kommission hat 2011 ein Arbeitspapier zum Thema „Materials Roadmap Enabling Low Carbon Energy Technologies“ veröffentlicht (European Commission 2011). Darin wird die herausragende Rolle neuer Materialien und deren adäquater Herstellung, Anwendung und Nutzung für die Lösung der Energiefragen der Zukunft in den Mittelpunkt gestellt. Nicht nur die Veränderung des Energie-Mix mit dem Schwerpunkt auf die Reduzierung des Kohlenstoffausstoßes und die Sicherung der Energieressourcen sondern besonders effiziente und hinsichtlich der Kosten wettbewerbsfähige low-carbon-

Technologien stellen Herausforderungen dar, die nur durch gemeinsame Anstrengungen im Rahmen der EU gelöst werden können. Im Hinblick auf den globalen Wettbewerb um die industrielle Führerschaft bei low-carbon-Technologien hat die EU das Feld der Materialien als Key Enabling Technology (KET) priorisiert und daraus im Rahmen der strategischen Agenda Europe 2020 die „Flaggschiff-Initiative“ „Ressource Efficient Europe“ abgeleitet. Auch im aktuellen Entwurf des nächsten F/E-Rahmenprogramms der EU Horizon 2020 wird die besondere Bedeutung von Hochleistungsmaterialien und entsprechenden Technologien als Schlüsselfaktoren zur Stärkung der Europäischen Produktivität und Innovationsfähigkeit herausgestellt, um zu sichern, dass Europa zukünftig auf Basis einer hochleistungsfähigen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft die globale Führerschaft in HighTech-Anwendungen und damit die Fähigkeit erhält, effektive Lösungen für die sozialen Herausforderungen als auch das Energieproblem zu entwickeln. Die hier referierte Roadmap stellt die entscheidenden Forschungs- und Innovationsaktivitäten auf dem Gebiet der Materialien im Bereich der Energieanwendungen für die nächsten 10 Jahre in den Vordergrund und dient als programmatischer Leitfaden für die F/E-Aktivitäten innerhalb des nächsten F/E-Rahmenprogramms. Unter dem Blickwinkel der vorliegenden Potenzialanalyse für Keramik und Glas sollen hier wichtige ausgewählte Trends und Herausforderungen für die 6 vorrangig relevanten Anwendungsfelder wie folgt referiert werden:

(den Feldern Photovoltaik, Geothermie, Electricity Grids und Kernenergie wird im Kontext der vorliegenden Studie keine prioritäre Bedeutung beigemessen)

- Windenergie
 - Faserverstärkte und Sandwichmaterialien sowie entsprechende Füge- und Verbindungstechnologien für Rotorblätter erhöhter mechanischer Festigkeit bei reduziertem spezifischen Gewicht zur Verbesserung der Performance und Lebensdauer der Rotoren bei gleichzeitig sinkenden Fertigungskosten;
 - neue Coatings für verbesserte Erosionsbeständigkeit, Selbstreinigung und UV-Schutz;
 - neue Materialien für Generatoren, Leistungselektronik und Übertragung (Achsen, Getriebe, Lager); darunter Substitution von Seltenerd-magneten und Entwicklung neuer, leichtgewichtiger Permanentmagnete;

- Solarthermie (CSP – Concentrated Solar Power)
 - Low Cost-, spektral selektive, mechanisch hoch stabile Absorbermaterialien für hohe Temperaturen;
 - Nachhaltige Reflektormaterialien hoher Reflexion zu wettbewerbsfähigen Kosten;
 - Wärmespeichermaterialien und Materialien für die thermo-chemische Speicherung mit Anwendungstemperaturen bis 600 °C;
 - Keramische Hochtemperaturwärmetauscher;
 - Poröse Keramik für zentrale Receiver-Einheiten;
 - Hochtemperaturfeste Gläser durch Oberflächenbehandlung von Kalk- Natron-Gläsern, Kratzfeste Spiegelsysteme aus Dünnglas (Formung durch Konstruktion des Gestells)

- Stromspeicherung
 - Low Cost-, sichere und nachhaltige elektrochemische, elektrolytische und strukturelle Materialien mit überragenden elektrochemischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften unter verschiedenen Arbeitsbedingungen mit hoher Langzeitstabilität;
 - neue und innovative Zell- und System-Designs und Herstellungsprozesse für energieorientierte Technologien (z. B. Li-Ionenbatterien, Redox-Batterien, Druckluftenergiespeicherung, Pumpspeicher);

- Bioenergie
 - Hochfeste, verschleiß- und korrosionsbeständige Konstruktionsmaterialien und Coatings mit dem Ziel der Reduzierung von time-to-market und life-cycle-costs; Verbesserung des Recyclings;
 - Katalysatoren mit höherer Selektivität und Ausbeute, verbesserter Stabilität und Funktionalität sowie bi- und multifunktionale katalytische Systeme;
 - Hochleistungsmembranen für Gasseparation und Separation der Zwischenprodukte aus dem

- Biomasseaufbereitung; effiziente Separation/Recycling von Enzymen, Immobilisierung von Zellen, kontinuierliche Separation von Fermentationsprodukten mittels Hochleistungsmembranen;
- Neue Materialien für den fossilen Energiesektor einschließlich CCS (Carbon Capture and Storage) Optimierung von funktionellen Materialien für das Auffangen im Nachverbrennungsprozess wie z. B. hochtemperaturstabile Sorbentien, Absorber und Membranen, die CO₂ mit geringem Energieverlust abtrennen können; Sauerstoffträger und Sorbentien für chemische Looping- und Vorverbrennungsprozesse mit geringen Kosten pro Tonne separierten CO₂; Trennmembranen mit hoher Permeabilität bei hohen Temperaturen und hoher Langzeitstabilität; Hochtemperaturmaterialien und Schutz- bzw. thermische Barrieren-Coatings mit hervorragender Kriech- und Oxidationsstabilität im Langzeitbetrieb bei 800 °C; Forschung auf dem Gebiet der Beeinflussung der Materialeigenschaften bei harschen Umweltbedingungen
 - Wasserstoff und Brennstoffzellen Low Cost, hoch ionisch/elektronisch leitfähige Materialien für eine breite Palette von Temperatur und Druck mit hoher Langzeit- und Zyklen-Stabilität unter verschiedenen chemischen und mechanischen Bedingungen; Low Cost Funktionsmaterialien für Wasserstoffreinigung, Speicherung und thermo-chemische Zyklisierung mit verbesserten chemischen und mechanischen Eigenschaften
 - Energieeffiziente Materialien für Gebäude Strukturelemente (z. B. innovative Lösungen für betonbasierte Produkte); Ausbau und Fassade (vor allem Keramikprodukte); Glaskomponenten für Lichtleitelemente Isolation (von der traditionellen hin zur Bio-basierten); kosteneffiziente Herstellungsprozesse für Superisolationsmaterialien; Reduzierung der Energiekosten; Einführung von Nanotechnologien in den Bausektor Centre-of-excellence für energieeffiziente keramische Materialien zur Vermeidung von Zersplitterung und Erhaltung der führenden Position Europas in diesem Bereich, Isolierverglasung als dreifach Verglasung oder Vakuumverglasung mit aktiven Beschichtungen

Für alle Topics werden in der Roadmap spezifische Zielstellungen und Maßnahmen sowie insbesondere die Herausforderungen bzgl. der Entwicklung von Technologien zur Fertigung von Komponenten und deren Integration in die Systeme abgeleitet.

Neben diesen anwendungsbezogenen Herausforderungen werden auch hier verschiedene Querschnittsaspekte adressiert, die zu einer erfolgreichen Implementierung der Roadmap berücksichtigt werden müssen wie:

- Standardisierung
- Information
- Lieferung/Verfügbarkeit kritischer Rohstoffe
- Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit von Materialien
- Marktseitige Methoden
- Aus- und Weiterbildung.

Die Roadmap adressiert eine große Anzahl von Material- und Prozessaktivitäten, die trotz unterschiedlicher Anwendungserfordernisse eine Reihe von Synergien bzgl. der notwendigen Forschungs- und Industrieaktivitäten aufweisen. Die daraus resultierenden übergreifenden Forschungsfelder mit ihrer Wirkung für die verschiedenen Anwendungstechnologien bzw.-Felder sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

	Wind energy	Photovoltaic	Concentrated Solar Power	Geothermal energy	Electricity storage	Electricity grids	Bioenergy	Carbon capture and storage	Hydrogen and fuel cells	Nuclear fission	Buildings
Structural materials											
Fibre reinforced materials	X		X			X			X	X	
High temperature, low temperature and corrosion-resistant materials	X		X	X	X		X	X	X	X	
Structural steel components and related joining techniques	X		X	X	X		X	X		X	X
Advanced concretes	X			X			X			X	X
Functional materials											
Separation membranes				X			X	X	X		X
Catalyst and electrolytes					X		X	X	X		
Solid catalyst, sorbents and O ₂ carriers					X		X	X	X		
High temperature superconducting materials	X					X					
High temperature heat storage materials			X		X				X		
(High temperature) insulating materials			X	X		X		X		X	X
Materials for power electronics	X	X		X		X					
Heat transfer fluids			X	X						X	
Manufacturing techniques											
Coatings and coating techniques	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Condition monitoring techniques	X	X		X	X		X	X	X	X	

Tabelle 3: Forschungsfelder in ihrer Relevanz für verschiedene Anwendungstechnologien
Quelle: European Commission 2011

Es ist klar erkennbar, dass unter anderem die Felder

- Hochtemperatur- und Korrosionsbeständige Strukturmaterialien
- Separationsmembranen
- Katalysatoren und Elektrolyte
- Festkörperkatalysatoren, Sorbentien und O₂-Träger
- Hochtemperaturwärmespeichermaterialien
- Hochtemperaturisolationsmaterialien
- Coatings und Coatingtechnologien und
- Test- und Überwachungsmethoden

über eine hohe Breitenwirkung verfügen.

Die besondere Rolle der „Chemie als ein Innovationstreiber in der Materialforschung“ wird in dem im Dezember 2012 veröffentlichten gleichnamigen Positionspapier herausgehoben, das im nationalen Kontext gemeinsam von DECHEMA, DBG, DGM, GDCh und VCI unter Mitwirkung von Experten aus Industrie und Forschung erarbeitet wurde (DECHEMA 2012). Auch hierin werden die bedeutenden Anwendungsfelder von chemisch-basierten Materialien und der zukünftig bestehende Forschungs- und Innovationsbedarf überblicksartig zusammengestellt. Für

diese Felder werden nach einer kurzen Darstellung zum Stand der Technik jeweils die technisch-wissenschaftlichen Herausforderungen sowie Lösungsansätze und Verbesserungspotenzial herausgearbeitet und daraus der spezifische Forschungsbedarf abgeleitet. Unter dem Blickwinkel der hier vorliegenden Studie werden im Folgenden ausgewählte Forschungsbedarfe für Keramik- und Glasmaterialien referiert.

- Energieversorgung
 - Festoxid-Brennstoffzelle
Entwicklung neuer Elektrolyte mit ausreichender Ionenleitfähigkeit bei niedriger Temperatur
Gute Verarbeitbarkeit der Systeme mit passenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten und niedrigen elektronischen Leitfähigkeiten sowie ausreichender Verfügbarkeit
Füge- und Dichtungswerkstoffe mit angepasster thermischer Ausdehnung
 - Thermoelektrika
Standardisierte Materialien (Nanokomposite) für den Einsatz bei Temperaturen bis 500 °C
Entwicklung von Hybridmaterialien mit denen eine großflächige Herstellung von Thermoelektrika möglich ist
Materialkombinationen zur optimalen Ausnutzung großer Temperaturmaterialien
elektrische Kontakte für Hochtemperaturmaterialien für z. B. Oxide und Silicide
Aufbau- und Verbindungstechniken mit Langzeitstabilität bei hohen Temperaturen
Temperaturwechselbeständigkeit der Materialien zwischen Raumtemperatur und hohen Temperaturen
Entwicklung von Materialien, die bei sehr kleinen Temperaturdifferenzen effektiv arbeiten
 - Kraftwerkstechnologie
Oxyfuel-Verfahren – Verbesserung der existierenden Sauerstofftransportmembranen
Chemical-Looping – Verbesserung der geeigneten Sauerstoffträgermaterialien
 - Kollektoren
Nanostrukturierte schmutzabweisende Oberflächen
Speichermaterialien mit höherer Wärmedichte
Dämmwerkstoffe mit deutlich verbesserter Isolierwirkung (nanoporöse Schäume)
- Energiespeicherung
 - Stationäre Stromspeicher
Entwicklung alternativer kostengünstiger Elektrolytmaterialien
Entwicklung und Untersuchung neuer Festelektrolyte, Separatoren, Elektronenleiter und Elektrodenwerkstoffe
 - Thermische Energiespeicher
Steigerung der Energiedichte
Verbesserung der relevanten thermo-physikalischen Eigenschaften
Steigerung der Energieeffizienz
Neue Materialien mit hoher Sorptionskapazität
Kombination von Aktivkomponenten mit Trägern
- Umweltschutz
 - Stoffabtrennung und –reinigung
Robustere Membran- und Filtermaterialien (Bessere Lösemittelstabilität bei gleichzeitiger hoher Trennschärfe und niedrigen Einsatzdrücken)
Ausweitung der katalytischen Reduzierung der Treibhausgase (z. B. Methan, NO₂) auf neue industrielle Anwendungen
Katalysatoren für Tieftemperaturreduktion von NO und N₂O sowie Tieftemperaturoxidation insbes. von Methan
 - Wasser- und Abwasseraufbereitung
Membrangeometrien hoher volumenspezifischer Membranfläche
Keramische NF-Membranen mit Trenngrenze von 200 g/mol
Keramische UF- und NF-Membranen hoher pH-Stabilität
Modifikation keram. Membranen zum Einsatz in organ. Flüssigkeiten
Verfahrenskombinationen
- Mobilität
 - Leichtbau
Intelligente Sensormaterialien
Neuartige Hybrid-Werkstoffe für die Integration funktioneller Elemente in das Interieur von Fahrzeugen
 - Mobile Stromspeicher
Anoden und Kathoden mit höherer Lade-/Entladekapazität
Erhöhung der Zellspannung z. B. durch Kathoden aus Mischoxiden vom Typ LiMPO₄ (M = Co, Ni, Mn)
Alternativen zum konventionellen Graphit z. B. durch Nanostrukturierung erzeugte mesoporöse Kohlenstoffstrukturen

- Hochtemperaturprozesse
Grundlagenuntersuchungen zu ternären Boriden, Carbiden und Siliciden und deren mechanische und elektrische Eigenschaften sowie Korrosionsstabilität
Precursorbasierte Synthesewege sowie Weiterentwicklung von Verdichtungs- und Beschichtungsmethoden (reaktives Sintern, Plasmaspritzen) und Bauteilentwicklung
- Medizintechnik
Auch wenn sich der Fokus des referierten Positionspapiers stark auf polymere Werkstoffe richtet seien hier doch einige Aspekte des Forschungsbedarfs angeführt, die sich in bestimmtem Umfang auch auf keramische Werkstoffe übertragen lassen, wie
 - Untersuchung der molekularen und mesoskopischen Ursachen, auf denen Veränderungen in den Materialien während des Einsatzes im Organismus beruhen
Materialien mit gezielter Kontrolle des Materialabbaus bzw. sogar durch einen äußeren Stimulus gezielt induzierter Materialabbau
Geeignete Beschichtungen für implantierte Mikrosysteme
- IKT
Der Fokus richtet sich stark auf den Forschungsbedarf bei/für OLED.
- Sicherheit
 - Detektionssysteme
Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verminderung der Messunsicherheit der Systeme bes. bei hochspezifischen Trennverfahren und Adsorptionsmethoden
Weitere Miniaturisierung der Systeme für die Probenaufbereitung
 - Persönliche Schutzausrüstung
Erforschung der Zusammenhänge zwischen ballistischer Schutzwirkung und Struktur des Schutzmaterials (Mikrostruktur, Aufbau des Verbundsystems, Hartschichten, Backing)
Verbesserung der Multihitfähigkeit keramischer Schutzsysteme
Kostengünstigere Verfahren zur CMC-Herstellung
- Consumer (Bedarfsgegenstände)
 - Materialien und Gegenstände mit Lebensmittelkontakt
Intelligent maßgeschneiderte Materialkombinationen
Sensoren zur Indikation der Frische der Nahrungsmittel
Ökologisch sinnvolle Verwendung von Recyclingmaterial bei Beherrschung des Verschmutzungseintrags
- Bauen, Wohnen, Infrastruktur
 - Energie- und Ressourcenschonung
Optimierung von Wärmedämmung und Klimamanagement von Baustoffen und deren Nutzung zur direkten Gewinnung von Wärme
 - Umweltschutz
Methoden zum praxisgerechten Nachweis von potenziell freigesetzten Schadstoffen
Abbau von Luftschadstoffen durch Photokatalyse und Fixierung von Schadstoffen durch Bauprodukte
 - Intelligente Materialien
Kontrollierte Wirkstofffreisetzung
Anzeige von Überlast bzw. Lebensdauerende (integrierte Systeme)
Verkapselung von Wirkstoffen angepasst auf große Stoffströme der Bauindustrie
 - Lebenszyklusbetrachtung von Materialien
Rückbau- und Recyclingverfahren
Kennzeichnung der verbauten Materialien
Reversibles Fügen und Trennen von Verbindungen
 - Neue Arbeits- und Lebensformen
Multifunktionale Nutzung von Oberflächen (z. B. für „vertical farming“)
Interdisziplinäre Forschung an verschiedenen Materialien (unter Einschluss von Biologen)
- Rohstoffsicherung durch Recycling und Kreislaufwirtschaft
 - Betrachtung der gesamten Prozesskette ergibt folgende Ansatzpunkte
Systematische Erfassung der Werkstoffströme durch Material- und Stoffflussanalyse
Effizienzsteigerung durch optimierte Kombination bestehender Verfahren
Berücksichtigung der Recycleeigenschaften beim Material- und Produktdesign (Demontierbarkeit, Sollbruchstellen, Schadstofffreiheit)
Neue Technologien für zukünftig zu recycelnde Werkstoffe (z. B. Funktionswerkstoffe für Energie- und Elektronikanwendungen)
 - Spezieller Bedarf u. a.
Verfahren, die gewünschte Wertstoffe gezielt aus einem Werkstoffgemisch selektiv herauslösen
„Trockene“ Aufbereitungsverfahren zur selektiven Trennung einzelner Werkstofffraktionen
Weiterentwicklung des Recyclings von Verbundwerkstoffen.

Für den Bereich Glas/Glaskeramik soll als wichtiges Dokument die „Roadmap of International Commission on Glass (ICG) – Making Glass Better:[...] a 25 year Glass R&D horizon“ (Bange 2010) herangezogen werden.

Die ICG ist eine internationale Organisation, bestehend aus 34 nationalen Trägern aus allen Industriestaaten, die eine F/E Basis für den Werkstoff Glas besitzen. Das Technische Komitee des ICG erarbeitete eine Roadmap, die die F/E Aktivitäten der führenden Unternehmen der Glasindustrie, der Forschungseinrichtungen und Hochschulen über 25 Jahre zusammenfasst. Die Studie hebt hervor, dass Glas in seinen optischen, elektrischen, mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften den individuellen Anforderungen der jeweiligen Technologieentwicklung angepasst werden kann. Dabei ist die Entwicklung des Werkstoffs Glas noch nicht ausgeschöpft, theoretische Betrachtungen und Grundlagenforschung bestätigen das. In der nachfolgenden Abbildung ist der Zusammenhang der Materialentwicklung über die Technologie bis zur Anwendungstechnologie dargestellt.

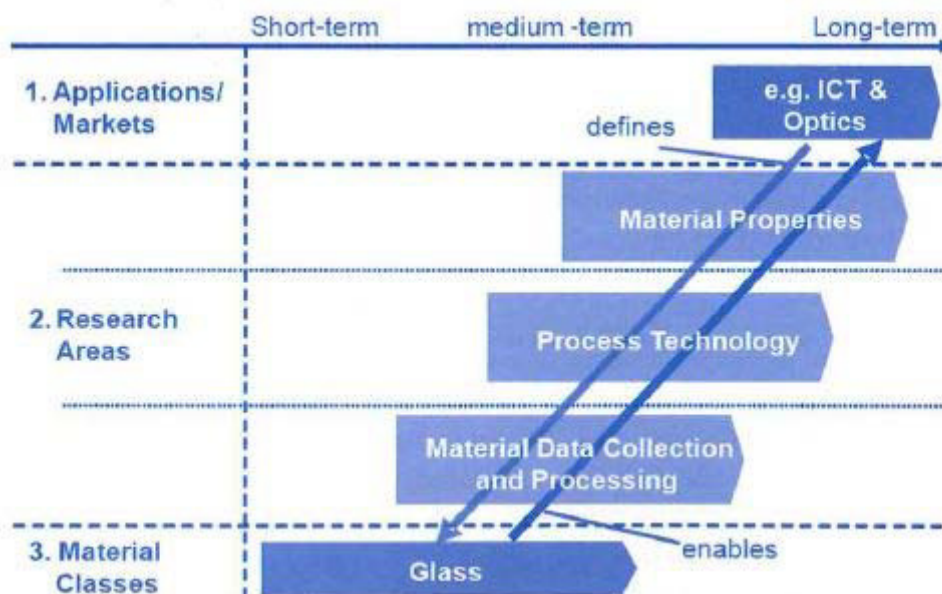


Abbildung 6: Zusammenhang Anwendungstechnologie/Markt/Glas

Quelle: Bange 2010

Die Entwicklung der Materialien wird im engen Zusammenhang mit der Entwicklung der Technologie zur Herstellung und Veredelung gesehen. Die Anwendungstechnologien definieren neue Anforderungen, die auf die Entwicklung neuer Materialklassen zurückwirken.

Als Material wirkt Glas entsprechend Abbildung 9 auf andere Querschnittstechnologien und diese wiederum auf Anwendungstechnologien. Aus der Halbleitertechnik musste der Standort Deutschland erfahren, dass bei Abwanderung der Hersteller auch die Forschungsstandorte sowie die Hersteller der Maschinen und Anlagen abwandern und damit auch die Forschungsstandorte in ihrer Bedeutung zurückgehen.

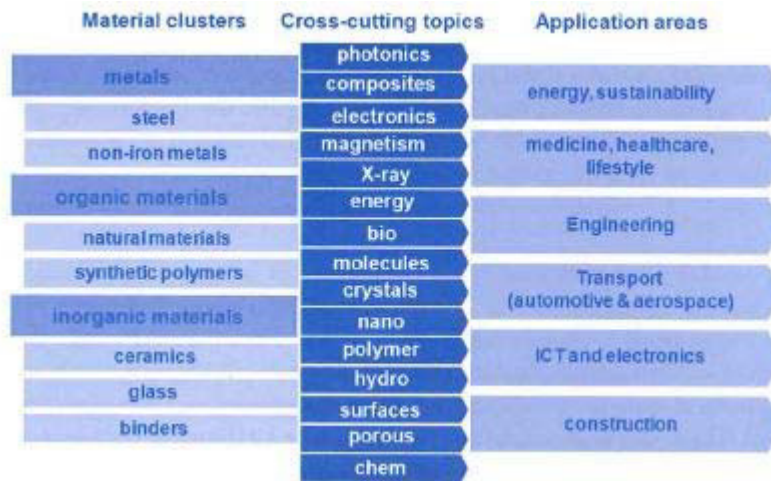


Abbildung 7: Wirkung der Materialforschung auf Querschnitts- und Anwendungstechnologien/Glas
Quelle: Bange 2010

Die Roadmap verweist bei der Analyse guter Standorte für die Entwicklung neuer Produkte auf diesen Zusammenhang. In Thüringen ist heute eine Einheit von Forschung, Maschinen- und Anlagenbau sowie Glasproduktion vorhanden. Dadurch kann der Maschinenbau auch im Export Aufträge sichern und den Standort stärken.

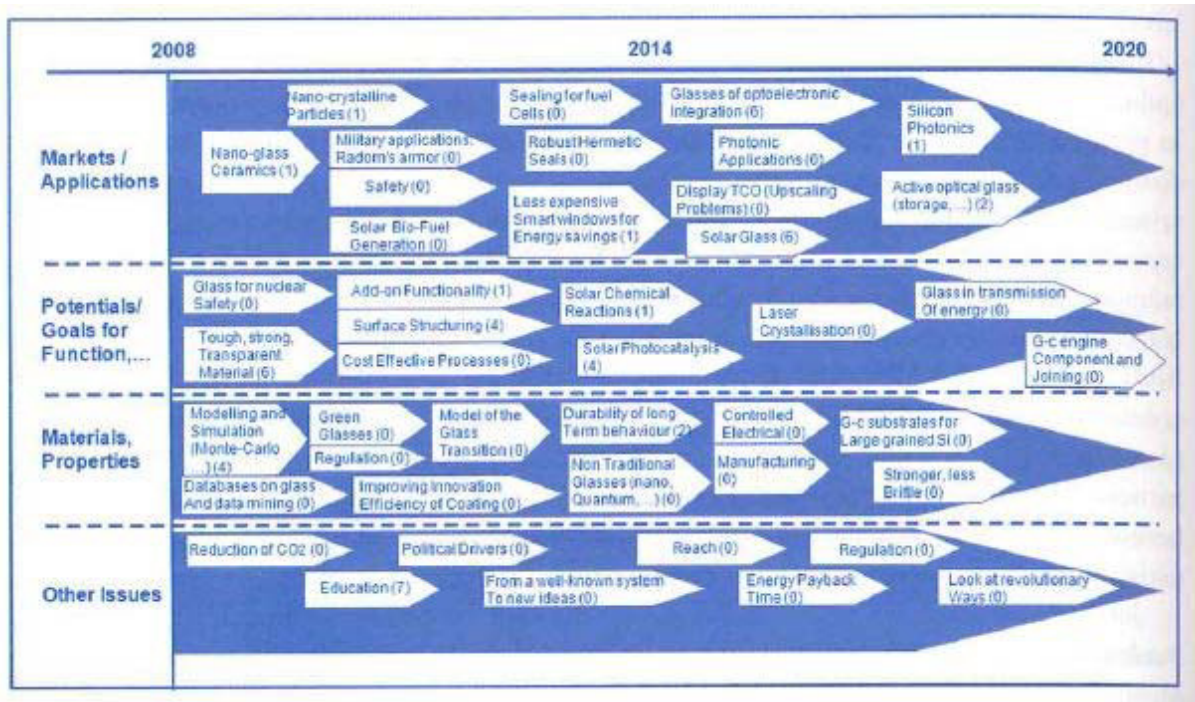


Abbildung 8: Roadmap Glas and Glass ceramics
Quelle: Bange 2010

Die Abbildung 11 zeigt Ähnlichkeiten mit den Dokumenten, die sich speziell mit der Keramik auseinander setzen. Zu erkennen ist der Einfluss von Glas auf alle relevanten Zukunftsmärkte. Die Entwicklung der Glasmaterialien wird durch gesellschaftliche Probleme vorangetrieben, die häufig nur durch Glas/Glaskeramik gelöst werden können.

Die Roadmap der International Commission on Glass (ICG) „Making Glass Better“ stellt die nach Expertenmeinung wichtigsten Zukunftsaufgaben für Forschung und Entwicklung mit einem Zeithorizont von 25 Jahren dar. In dem von der EU über den EFONGA Rahmenplan 6 finanzierten Projekt wurden Experten befragt und in fünf Expertenworkshops die Forschungsthemen

- Schmelztechnologie
- Werkstoffe für technische und medizinische Anwendungen
- Grundlagenforschung
- Glasoberflächen und Spannungskorrosionsmechanismen

behandelt und aus dem Blickwinkel der Anwendungsfelder beurteilt.

Anwendungsfelder für neue Produkte sind Optik, Gesundheitswesen, Verkehr, Displays, Energie und Umwelt, Information und Kommunikation, Bauwesen. Die „alten“ Produkte Lebensmittelverpackung und Fensterglas werden nur im Zusammenhang mit der Verbesserung der Herstellungsprozesse erwähnt. Mit steigender Anzahl an Nennungen wird folgenden Neuentwicklungen hohe Relevanz zugeschrieben:

- Beschichtung von Solarzellen
- biologisch abbaubare, glasfaserverstärkte Implantationswerkstoffe
- Laser und Optik für Diagnostik
- Verständnis der Wechselwirkung zwischen Glas und Biomolekülen in Medizinprodukten
- Funktionsintegration in Glaskomponenten
- Dünnschichtsolarzellen
- Photonik als Ersatz für Elektronik
- neue optische Speichermedien mit hoher Speicherdichte
- Verbesserung der thermomechanischen Eigenschaften für Anwendungen in Informationstechnik und Kommunikation
- OLEDs.

Für die 4 oben genannten Forschungsschwerpunkte wurden in Expertenvorträge und Workshopdiskussionen folgende wesentlichen Zielstellungen herausgearbeitet:

- Glasschmelztechnologie
Verbesserung der Herstellungstechnologie für Glas
 - neue Schmelztechnologien mit maßgeschneiderten und mit segmentierten Aggregaten
 - maßgeschneiderte Gemenge, kostengünstigere Gemenge durch Sodaersatz
 - Energieeffizienz / Wärmerückgewinnung
 - Sensoren und weiterentwickelte modellbasierte Prozesssteuerung
 - hochbeständige Feuerfest-Materialien
 - verbesserte Läuterung
 - Primärmaßnahmen zur Emissionsminderung.
- Glaswerkstoffe für technische und medizinische Anwendungen
Glas ist als ein Schlüsselwerkstoff anzusehen, der technische Lösungen für viele Bedürfnisse der Gesellschaft ermöglicht, mit besonderen Schwerpunkten in folgenden Feldern:
 - Solarsysteme
 - Biomedizinische Werkstoffe
 - optische Anwendungen (Fasern, Verbindungen, Laser usw.)
drahtlose Kommunikation
 - Biophotonik
 - Werkstoffe zur Bewehrung
 - moderne Displays

Im Zusammenhang mit biomedizinischen Anwendungen nennt die ICG Roadmap die wesentlichen Themen für die Forschungsstrategie der Eigenschaften von Werkstoffen aus Glas und Glaskeramik, die gleichen Ziele können auch für andere Anwendungsfelder gelten:

- hart und fest
 - mit neuen Verbundstrategien
 - mit alternativen Wegen für höheren E-Modul
- nano und transparent
 - Kristallchemie für die Dotierung von Nanoteilchen
 - Handhabungsmethoden für Nanoteilchen
 - mit maßgeschneiderten Oberflächen
 - für Strukturierung, Beschichtungen und Funktionsintegration.

➤ Grundlagenforschung

Die in der Grundlagenforschung am meisten diskutierte Frage ist die zur Natur des Glasübergangs, der nicht einfach wie ein Phasenübergang zu beschreiben ist, sondern nach der in der Literatur vorherrschenden Meinung als ein Einfriervorgang einer unterkühlten Schmelze. Damit verbunden sind Arbeiten zum besseren Verständnis der Struktur und Enthalpie von Gläsern. Nach der strukturellen Definition ist ein Glas nicht durch die chemische Zusammensetzung bestimmt, sondern allein dadurch, dass der Festkörper eine Struktur aufweist, wie sie sich nach einem Glasübergang bildet. In diesem Sinne werden viele Modellsysteme wie metallische Schmelzen, organische Flüssigkeiten und unterschiedliche Wege zur Erzeugung glasiger Strukturen untersucht.

Die praktische Relevanz dieser reinen Grundlagenforschung zeigt sich in Relaxationsvorgängen, die z.B. die Festigkeit von Glasfasern für Hochtemperaturanwendungen beeinträchtigen können.

Im grundlagenorientierten Workshop des ICG Roadmap-Projektes interessierten damit verbunden die folgenden aktuellen Forschungsthemen:

- Beschichtungen
- Nanomechanik (z.B. direkte Strukturuntersuchungen durch Bruchverhalten im AFM)
- Thermodynamik
- atomistische Simulation.

Die beiden ersten Themen betreffen das grundlegende Verständnis für die im nächsten Workshop diskutierten Themen:

➤ Glasoberflächen und Spannungskorrosion

„Unzerbrechliches“ Glas wurde von den Experten als wichtigste Vision eingestuft.

Darüber hinaus wurden in diesem Workshop viele Themen (s.u.) diskutiert, die sich mit denen zur Grundlagenforschung überschneiden, was zeigt, welche Rolle ein verbessertes Verständnis der Grundlagen zu Struktur und Verhalten von Glasoberflächen auch für Anwendungen spielt. Diese Themen sind

- Rissfortschritt
- Relaxation
- „plastisches“ Verhalten
- Oberflächenchemie
- Beschichtungen.

Als wesentliche Werkzeuge dazu werden Numerische Modellierung, Analyse auf der Nanometerskala, zeit- und orts aufgelöste Strukturuntersuchungen und die Elimination von Wasser aus der Glasoberfläche angesehen.

Unter Berufung auf dieses Ergebnis des ICG Roadmapping Prozesses wurde inzwischen ein DFG Schwerpunktprogramm SFB 1594 „Ultrastrong Glasses“ mit Prof. Wondraczek (Jena) als Sprecher eingerichtet. Mit welchen Strategien in diesem Sonderforschungsbereich die Strukturforschung an oxidischen und metallischen Gläsern entwickelt werden soll, ist in Abb.9 dargestellt.

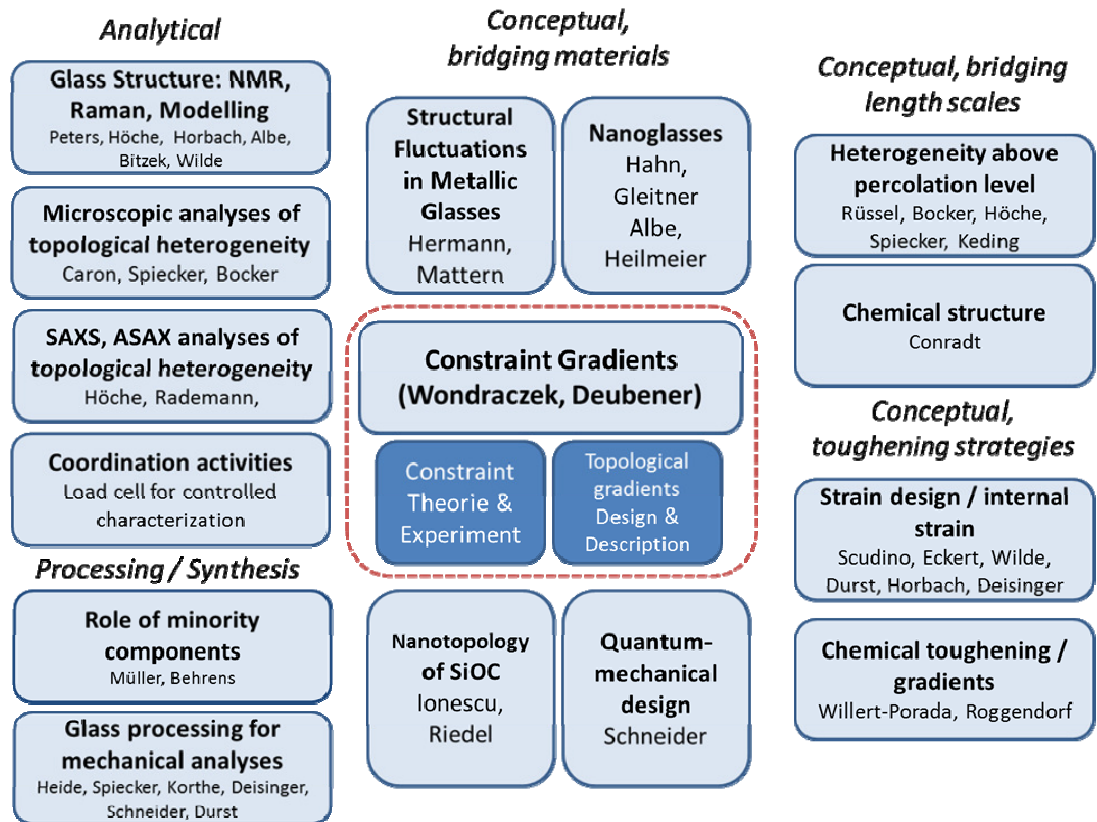


Abbildung 9: Organisationsstruktur und Strategien des SPP 1594 (Planungsstadium - Prof. Wondraczek)

3.3. Internationale und nationale Markttrends für Keramik und Glas

Im Jahre 2011 wurde von Enceram eine sehr umfangreiche Marktstudie „Engineering Ceramics in Europe and the USA“ veröffentlicht (Briggs 2011). Engineering Ceramics (Strukturkeramiken) werden hier definiert als die Oxide, Carbide, Nitride und Boride, die häufig als Schlüsselkomponenten in Systemen und Anwendungen wie Mechanik, Medizin, Umweltschutz und Prozesstechnik eingesetzt werden und die mit ihrer vorteilhaften Performance Effizienz und Langzeitbeständigkeit dieser Systeme gewährleisten. Bis 2008 wies dieser Bereich über 15 Jahre ein gesundes Wachstum von durchschnittlich 4 – 5 % oder mehr jährlich aus. Der rapide Abschwung von 2008/09 wurde gefolgt von einer schnellen Erholung in vielen Sektoren. Die Projektionen für die Jahre bis 2016 sind signifikant niedriger bei 3,0 % und 2,7 % in Europa bzw. den USA. Die Breite und Vielfalt der Produkte und Anwendungen ermöglicht teilweise die Kompensation von branchenspezifischen Marktschwankungen; insofern unterliegt die Konstruktionskeramik nicht den extrem zyklischen Schwankungen wie z. B. der Halbleiter- und IT-Markt. Konstruktionskeramiken erfordern ein hohes Maß an Qualitätssicherung in der Fertigung und sind häufig das Resultat intensiver F/Anstrengungen. Die 6 bedeutendsten Materialien (nach Gewicht) sind Aluminiumoxid, Cordierit, Siliciumcarbid, Zirkonoxid, Siliciumnitrid und Borcarbid.

Die Tabellen 4 und 5 zeigen den Markt für Konstruktionskeramik für 2010 nach Produktgruppen für Europa bzw. die USA. Der europäische Markt ist mit 2,643 Mio. € absolut deutlich größer als der US-Markt. Der Anteil der Umweltkeramik, der in der EU – getrieben durch die Gesetzgebung – mit 55,4 % den größten relativen Anteil aufweist, macht in den USA nur 39,6 % aus und das

Volumen ist absolut gesehen weniger als halb so groß wie in der EU. Hingegen macht der Bereich Mechanische und Verschleißteile in den USA 47,6 % aus (EU27 nur 28,9 %).

	€ million		\$ million
Mechanical and wear parts	764	Mechanical and wear parts	826
Cutting tools	78	Cutting tools	110
Pump seals	100	Pump seals	110
Orthopaedic Bioceramics	70	Orthopaedic Bioceramics	30
Dental Bioceramics	45	Dental Bioceramics	43
Armour	45	Armour	250
Bearings	20	Bearings	13
Other wear parts	406	Other wear parts	269
High temperature process parts	416	High temperature process parts	224
Molten metal filters	66	Molten metal filters	58
Continuous casting parts for steel	205	Continuous casting parts for steel	116
Advanced kiln furniture	145	Advanced kiln furniture	50
Catalyst supports and membranes	1,463	Catalyst supports and membranes	687
Automotive catalyst supports	350	Automotive catalyst supports	330
Industrial catalyst supports	36	Industrial catalyst supports	70
Membranes	30	Membranes	14
Diesel particulate traps	1038	Diesel particulate traps	260
Hot gas filters	9	Hot gas filter	13
Total	2,643	Total	1,737

\$1 = €0.815 June 2010

€1 = \$1.227 June 2010

Tabelle 4 u. 5: Markt für Konstruktionskeramik EU/USA 2010

Quelle: Briggs 2011

Die Tabelle 6 zeigt den Europäischen Markt (EU27) 2010 für die verschiedenen Produktgruppen nach Ländern. Deutschland ist mit 930 Mio. € bei weitem der größte Markt für Konstruktionskeramik in Europa mit einem Gesamtanteil von 35 % (FR 20 %, SP/GB je 9 %). Das Produktionsvolumen in Deutschland für mechanische und Verschleißanwendungen übersteigt die Marktgröße noch; D hat einen hohen Exportüberschuss in diesem Segment. Die ost- und zentraleuropäischen Länder der EU haben ihren Anteil in den zurückliegenden Jahren vorrangig auf Grund entsprechender Investments multinationaler Gruppen wie Ividen, CeramTec, Saint-Gobain, NGK Insulators, Vesuvius etc. schrittweise erhöht.

	Germany	France	UK	Italy	Spain	Rest of Europe	Total
Mechanical and wear parts	265	111	78	109	77	124	764
Cutting tools	25	12	8	5	8	20	78
Pump seals	43	16	8	11	7	15	100
Bioceramics,	34	24	9	13	10	25	115
Other armour, bearings, wear parts	163	59	53	80	52	64	471
High temperature process parts	107	62	32	61	43	111	416
Molten metal filters	22	11	5	8	6	14	66
Continuous casting parts for steel	49	25	14	39	25	53	205
Advanced kiln furniture	36	26	13	14	12	44	145
Catalyst supports, membranes and filters	558	364	131	104	132	174	1,463
Automotive catalyst supports	122	59	32	21	42	74	350
Diesel particulate traps	415	291	93	73	83	83	1,038
Industrial catalyst supports, hot gas filters and membranes	21	14	6	10	7	17	75
Total	€930	€537	€241	€274	€252	€409	€2,643

¹ \$1 = €0.815 June 2010

Tabelle 6: Europäischer Markt für Produktgruppen

Quelle: Briggs 2011

Die Tabellen 7 und 8 zeigen das Marktwachstum nach Produktbereichen für den Zeitraum 2010 – 2016 in der EU und den USA. Das Gesamtwachstum wird in der EU mit 3,1 % p. a. höher erwartet als in den USA (2,7 %). Eine der Ursachen dafür wird darin gesehen, dass die USA noch

keinen signifikanten Dieselmotormarkt aufweist, während in der EU der Markt für DPF sehr groß und immer noch wachsend ist. Überproportional hohe durchschnittliche jährliche Wachstumsraten weisen sowohl in der EU als auch den USA orthopädische (6 % EU/14 % US) und Dentalkeramiken (15 % EU/20 % US) und keramische Membranen (6 % EU/5 % US) aus.

	2010	2011	2013	2016	AAGR %
Mechanical and wear parts	764	799	854	958	3.8%
Cutting tools	78	82	85	96	3.5%
Pump seals	100	102	105	110	1.5%
Orthopaedic Bioceramics	70	74	83	99	6.0%
Dental Bioceramics	45	53	69	104	15.0%
Armour	45	46	47	49	1.5%
Bearings	20	22	25	28	6.0%
Other wear parts	406	420	440	472	2.5%
High temperature process parts	416	420	410	408	-0.3%
Molten metal filters	66	70	74	83	4.0%
Continuous casting parts for steel	205	210	210	215	1.0%
Advanced kiln furniture	145	140	126	110	-4.5%
Catalyst supports and membranes	1,463	1539	1672	1806	3.6%
Automotive catalyst supports	350	360	365	382	1.5%
Industrial catalyst supports	36	37	38	40	2.0%
Membranes	30	32	38	43	6.0%
Diesel particulate traps	1,038	1100	1220	1330	4.5%
Hot gas filters	9	10	11	11	3.0%
Total	€2,643	€2,758	€2,936	€3,172	3.1%

\$1 = €0.815 June 2010

Tabelle 7: Marktwachstum nach Produktbereichen für den Zeitraum 2010 – 2016 in der EU

Quelle: Briggs 2011

	2010	2011	2013	2016	AAGR %
Mechanical and wear parts	825	882	955	1065	4.3%
Cutting tools	110	120	126	130	3.0%
Pump seals	110	118	121	124	2.0%
Orthopaedic Bioceramics	30	40	52	66	14.0%
Dental Bioceramics	43	54	80	128	20.0%
Armour	250	255	265	280	2.0%
Bearings	13	15	16	17	4.0%
Other wear parts	269	280	295	320	3.0%
High temperature process parts	224	230	239	235	1.0%
Molten metal filters	58	60	64	69	3.0%
Continuous casting parts for steel	116	122	130	123	1.0%
Advanced kiln furniture	50	48	45	43	-2.5%
Catalyst supports and membranes	688	719	717	735	1.0%
Automotive catalyst supports	330	340	330	330	0.0%
Industrial catalyst supports	70	75	70	70	0.0%
Membranes	14	15	17	19	5.0%
Diesel particulate traps	260	275	285	300	2.5%
Hot gas filters	13	14	15	16	4.0%
Total	\$1,737	\$1,831	\$1,911	\$2,035	2.7%

€1 = \$1.227 June 2010

Tabelle 8: Marktwachstum nach Produktbereichen für den Zeitraum 2010 – 2016 in den USA

Quelle: Briggs 2011

Trotz der insgesamt hohen Zahl von Marktteilnehmern werden 59 % des Europäischen Marktes durch 6 Unternehmen bedient. Überdies sind fünf Unternehmen – CoorsTek, CeramTec,

Vesuvius, Corning und NGK Insulators – unter den Top 6 in beiden geografischen Regionen. Die anderen bedeutenden Marktteilnehmer sind Ibiden in Europa und Ceradyne in den USA.

Der Report vermittelt eine Vielzahl von Informationen über die Aktivitäten der einzelnen Unternehmen sowie geplante staatlich finanzierte FuE-Maßnahmen (US, EU und europ. Länder). Besondere Aufmerksamkeit wird dabei den Fördermaßnahmen der EU auf dem Gebiet der Nanowissenschaften im Rahmen des noch laufenden Rahmenprogramms gewidmet. Desweiteren enthält die Studie allgemeine Analyseaspekte von hoher Relevanz, die hier leider nicht vollumfänglich referiert werden können wie z. B.

- Business Aspekte
 - Bewältigung der Finanzkrise
 - Folgen der Tsunami-Katastrophe in Japan
 - Zyklische Markteffekte
 - Patenterte Prozesse und Materialien
 - Struktur der Rohstofflieferanten
 - Strukturveränderungen durch M&A, Venture Capital, Private Equity Ownerships
 - Risiken von KMU in diesem Prozess (Trend zur weiteren Monopolisierung; 2-3 große Lieferanten beliefern mehr als 75 % des Marktes)
- Umweltaspekte
 - Chancen vs. Risiken für Keramikindustrie
- Einfluss asiatischer Unternehmensgruppen
 - Japan seit 35 Jahren Vorreiter für innovative Keramikanwendungen
 - Führende Unternehmen in Konstruktionskeramik aber auch Funktionskeramik (NGK Insulators, NGK Spark Plug, Murata, Rohm, Matsushita, Kyocera) mit Niederlassungen und Vertrieb in EU und USA sowie Produktionskapazitäten in Fernost (China, Malaysia, Thailand)
 - JFCA (Japan Fine Ceramic Association) mit 180 – 200 Unternehmen; Marktstudien weisen mehr als die Hälfte der Gesamtproduktion für elektronische und magnetische Komponenten aus; mechanische Komponenten mit ca. 20 % (ca. 5 Mrd. \$); ca. 30 % Exportanteil
 - Langzeit- FuE-Programme initiiert durch MITI (seit ca. 25 Jahren)
 - Starke Dominanz bei der Herstellung und Lieferung von (Spezial-)Pulvern
 - Zunehmende Bedeutung Koreanischer Firmen (Taegutec, Ssong Yong)
 - Chinesische Lieferanten dominieren der Rohstoffmarkt bei Seltenen Erden, Zirconia und Bauxit
 - Investments starker Unternehmensgruppen in China
 - Indien mit beginnenden Aktivitäten

Ebenfalls im Jahre 2011 wurde die Studie „Advanced Ceramics to 2015“ der Freedonia Group (Freedonia 2011) mit einer Marktprognose für den Gesamtbereich der Hochleistungskeramik (einschließlich elektrischer und elektronischer, d. h. funktioneller Anwendungen) für die USA veröffentlicht. Darin wird der Bedarf in den USA mit 6,0 % jährlichem Wachstum bis 2015 auf 14 Mrd. \$ eingeschätzt. (siehe Tabellen 9 und 10) Der Bedarfsanstieg wird getrieben durch die wachsende Anzahl von OEM's insbesondere im Automobilbereich, den auf Grund neuer gesetzlicher Regelungen steigenden Umweltmarkt (Filter, Membranen) sowie das Wachstum in den Bereichen Turbinen, Luftfahrt und Medizin.

Für das Segment Mobilität werden bis 2015 zweistellige Steigerungsraten vorhergesagt. Der Umweltmarkt wird bis 2020 durch wachsende Emissionskontrolle in der US-Industrie stark ansteigen.

Das Gesamtvolumen der Hochleistungskeramik wird dominiert durch elektronische Komponenten. Mehr als ein Viertel des Gesamtbedarfes fiel 2010 auf diesen Sektor und er wird besonders durch die Zunahme bei Piezokeramik weiter stark wachsen. Für die beiden größten Teilssegmente (Halbleiter und Kondensatoren) wird jedoch die Produktion in den USA nur unterproportional steigen infolge der Produktionsverlagerung in Niedriglohnländer.

Die US-Hochleistungskeramik-Industrie ist stark gegliedert (ca. 200 Firmen), darunter viele

kleinere Firmen mit weniger als 100 Mio. \$ Umsatz und Spezialisierung auf bestimmte Produkte oder Fertigungsprozesse. Die 7 größten Lieferanten für den US-Markt (Kyocera, CoorsTek inkl. des im Januar 2011 akquirierten Keramikgeschäftes von Saint-Gobain, Ceradyne, Vishay Intertechnology, Murata Manufacturing, Cookson Group und Corning) beliefern 27,8 % des Marktes.

ADVANCED CERAMICS DEMAND BY PRODUCT (million dollars) 2005 - 2020						
Item	2005	2010	2015	2020	% Annual Growth	
					10/05	15/10
Manufacturers' Shipments (bil \$)	4498	4577	5710	6680	0.3	4.5
\$ ceramics/000\$ mfg	2.0	2.3	2.5	2.6	--	--
Advanced Ceramics Demand	<u>8995</u>	<u>10550</u>	<u>14150</u>	<u>17050</u>	3.2	6.0
Monolithic Ceramics	7845	9255	12450	14950	3.4	6.1
Ceramic Coatings	770	748	900	1060	-0.6	3.8
Ceramic Matrix Composites	380	547	800	1040	7.6	7.9

Tabelle 9: US-Markt für Hochleistungskeramik nach Produkten

Quelle: Freedonia 2011

ADVANCED CERAMICS DEMAND BY MARKET (million dollars) 2005 - 2020						
Item	2005	2010	2015	2020	% Annual Growth	
					10/05	15/10
Advanced Ceramics Demand	<u>8995</u>	<u>10550</u>	<u>14150</u>	<u>17050</u>	3.2	6.0
Electronic Components	2856	2930	3480	3890	0.5	3.5
Electrical Equipment	1698	2080	3000	3765	4.1	7.6
Transportation Equipment	1230	1440	2375	2930	3.2	10.5
Machinery	1076	1332	1735	2165	4.4	5.4
Chemical & Plastic	946	936	1130	1295	-0.2	3.8
Pollution Control	452	626	830	1055	6.7	5.8
Armor	294	585	765	955	14.8	5.5
Medical Products	120	181	260	360	8.6	7.5
Other Markets	323	440	575	635	6.4	5.5

Tabelle 10: US-Markt für Hochleistungskeramik nach Marktsegmenten Quelle: Freedonia 2011

Die im Dezember 2012 publizierte Studie der BCC Research „Advanced Materials Research Review“ (BCC Research 2012) gibt einen aktuellen Überblick über die Trendeinschätzungen und die Marktentwicklung für spezielle Materialklassen mit hohem Zukunftspotenzial wie

- Graphen
- Neue elektronische Materialien
- Spezialfasern
- Seltene Erden
- Technische und Hochleistungsstrukturkeramik
- Metamaterialien
- Supraleiter.

Für die technische und strukturelle Hochleistungskeramik (hier sind Funktionskeramiken nicht berücksichtigt) werden die in den folgenden Abbildungen referierten Prognosen für den Zeitraum 2010 bis 2016 angegeben. Die Wachstumsraten reichen von 6 % bis hinunter zu 3 %, wobei der Biokeramikmarkt den höchsten Anteil mit 63 % innehat. Er wird seinen Anteil bis 2016 auf 64 % ausbauen. Der militärisch relevante Markt wird auf Grund des zurückgehenden Engagements der USA in Irak und Afghanistan ein geringeres Wachstum aufweisen. Der Report bezieht sich auf Al₂O₃-basierte, ZrO₂-basierte, B₄C, SiC, Glaskeramiken, Si₃N₄, SiAlON, TiB₂, Si-basierte Materialgruppen und Spezialmaterialien.

Application	2010	2011	2016	CAGR% 2011-2016
Bioceramics	2.063	2.172	2.805	5,2
Advanced armor and military equipment	525	572	696	4,0
Wear-, erosion and corrosion resistant components	435	457	583	5,0
Cutting tools and inserts	133	141	189	6,0
Energy and high temperature resistant components	88	93	124	5,9
Aircraft and aerospace equipment	14	15	17	2,5
Total	3.258	3.450	4.414	5,1

Tabelle 11: Markt für Hochleistungskeramik bis 2016

Quelle: BCC 2012

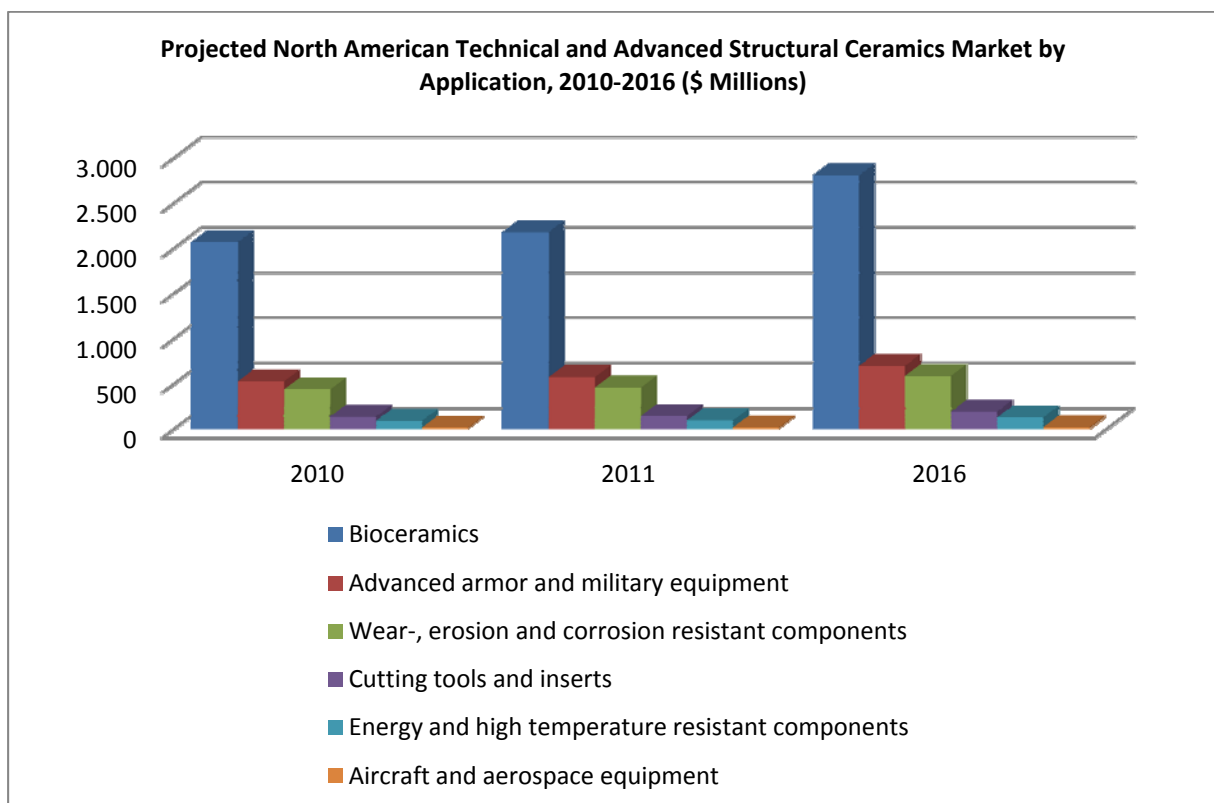


Abbildung 10: Markt für Technische und Strukturkeramik nach Anwendungen für Nordamerika bis 2016

Quelle: BCC 2012

Die Studie liefert darüber hinaus einen breiten Überblick über laufende und zukünftig erforderliche F/E-Aktivitäten im Bereich der Hochleistungskeramik, die hier leider nur auszugsweise in Anstrichen wie folgt skizziert werden können:

- Bedeutung der Ausgangspulver
 - Zunehmende Verwendung von sub- μm -Pulvern
 - Ultrafeine Pulver durch Hochenergiemahlung
 - Nanopartikel; Spannungsfeld hohe Kosten vs. Performance-Steigerung und Energieeinsparung durch signifikant verminderte Sinteremperatur
 - Rheologie-Kontrolle der Pulver bzw. Granulate
- Qualitätssicherung und Fertigungsprozesskontrolle
 - Reduzierung der Korngrößenverteilung der Ausgangsstoffe
 - Erhöhung der Zuverlässigkeit und insbes. zyklischen Lebensdauer der Keramiken bei Belastung
 - Grundlegende Untersuchung des Rißentstehungs- und -wachstumsprozesses und der Alterungsphänomene in Keramiken
 - Komponentenfeldtests
 - Schulung der Anwendungsingenieure
- Eigenschaftsverbesserungen
 - Zähigkeit (Si_3N_4 , umwandlungsverstärktes ZrO_2)
 - Erhöhung von Materialfestigkeit und Weibullmodul
 - Verbessertes Design
 - Erhöhung der Stabilität unter Umweltbedingungen
 - Erhöhung der chemischen Stabilität
 - Schutzschichten
 - Funktional gradierte Materialien
- Kostenreduzierung
 - Low Cost-Qualitätssicherung
 - Reduzierung der Fertigungskosten
 - Verbesserung des Automationsgrades
 - Reduzierung des Finishing-Aufwandes
 - Reduzierung der Kosten für Precursoren
 - Low Cost Interface-Materialien und Beschichtungsprozesse
- Technologie der Hochleistungskeramik
 - Kontinuierliche Verbesserung der keramischen Materialien und Coatings für Anwendungen in Zukunftsfeldern (Umwelt, Biokeramik, low-emission- Automotive, Recycling, Antibalistik)
 - Bedarf bei Standardisierung der Testprozeduren für Hochtemperaturanwendungen
 - Modellierung/Simulation und vergleich mit experimentellen Befunden
 - FuE-Bedarf (und lfd. Aktivitäten, mit 2 Mio.\$ gefördert durch US National Science Foundation) für Energiespeicherung
 - Forschung zu graphene ceramic composites (Verstärkungsmechanismen für höhere Bruchfestigkeit, Zähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit)

In Ergänzung zu den die Hochleistungskeramik betreffenden Aspekten sollen im Folgenden aus der Studie noch einige ausgewählte Aussagen zum Thema Metamaterialien referiert werden. Metamaterialien sind künstlich hergestellte Kompositmaterialien, deren Funktionalität auf ihrer spezifischen künstlich hergestellten Strukturierung basiert und nicht auf den Materialeigenschaften selbst. Die Studie fokussiert auf Anwendungen, für die im Zeitraum bis 2021 eine Marktrelevanz zu erwarten ist (elektromagnetische und akustische Anwendungen und Extremparameter). Die bis 2021 erwartete Entwicklung des globalen Marktes für Metamaterialien wird in der folgenden Tabelle bzw. Abbildung dargestellt.

Metamaterials	2010	2011	2016	2021	CAGR% 2011-2016	CAGR% 2016-2021
Electromagnetic	140,0	160,6	412,2	1.185,1	20,7	23,5
Acoustic	0,0	0,0	0,0	45,0		
Extreme-parameter and other	82,3	95,5	346,5	630,0	29,4	12,7
Total	222,3	256,1	758,7	1.860,1	24,3	19,6

Tabelle 12: Globale Marktentwicklung für Metamaterialien

Quelle: BCC 2012

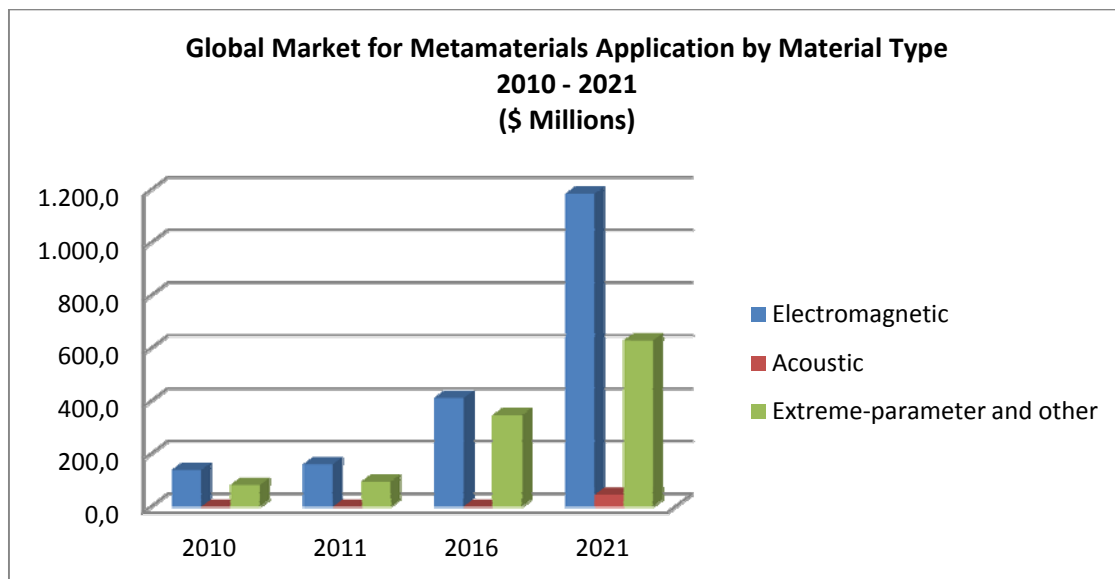


Abbildung 11: Markt der kommerziellen Metamaterialien bis 2021

Quelle: BCC 2012

Der Markt der kommerziellen Metamaterialien in 2010 fokussiert auf Produktion (primär photonische Kristalle/Faserlaser und chirale Katalysatoren), Bergbau, Betonmischung, Offshore/Marine, und Energieanwendungen (nanostrukturierte hochfeste Coatings für Stahl). Für 2021 wird eine größere Breite und Vielfalt an Metamaterialien und deren Anwendung erwartet wie z. B. Gesundheitswesen, Elektronik/IT, Kommunikation, Energie und Transport, die voraussichtlich einen größeren Marktanteil ausmachen werden. Besonders hoch sind die Markterwartungen für 2021 in den Segmenten

- Magnetische Nanocomposite
- Extremparameter Metamaterialien und
- Photonische Kristalle,

die jeweils zwischen ca. 20 – 30 % des erwarteten Gesamtvolumens ausmachen sollen.

Unter globalen Wettbewerbsaspekten soll hier noch ein Blick auf den chinesischen Keramikmarkt geworfen werden. In „Cina’s Advanced Ceramic Markets“ (Barlow 2011) findet sich eine zusammenfassende Einschätzung über dessen zu erwartende Entwicklung. Die chinesische Hochleistungskeramik-Industrie hat sich danach exponentiell entwickelt. Geologisch verfügt das Land über reichhaltige Vorkommen der erforderlichen Mineralien einschließlich Seltener Erden für strategisch bedeutsame Anwendungen. Wirtschaftlich gesehen haben die umfangreichen nationalen Investments in Stromnetze, Chemie und Metallurgie einen weitreichenden Bedarf an Hochleistungsmaterialien generiert. Der Markt ist allerdings noch sehr fragmentiert und reicht von hunderten traditionellen Unternehmen im historischen Produktionszentrum für Kaoline in Zentralchina bis zu den HighTec-Zonen von Guangdong und Shanghai.

Produktseitig dominiert mit ca. 95 % die Oxidkeramikproduktion mit etwa 2 Mio. Tonnen in 2010; Siliciumcarbide (sowie Nitride und Boride) machen 4 % aus. Die Mehrheit der Oxidkeramiken ist Al_2O_3 -basiert, Zirkon-basierte liegen bei 5 %, Magnesium-basierte bei 3 %. Andere betreffen Beryllium, Calcium, Zink und Titan, auf niedrigem Niveau auch Yttrium, Thorium und Uran. Typische Produkte der Oxidkeramik sind Isolatoren für die Energie-

übertragung und –verteilung.

Von den ca. 500 Unternehmen der Hochleistungskeramik in China sind die Mehrzahl kleine Unternehmen mit ca. 1 Mio. \$ Umsatz, etwa 100 sind mittelständisch mit ca. 10 Mio. \$ Umsatz. Große Unternehmen mit >40 Mio. \$ Umsatz profitieren häufig von internationalen Investments wie z. B. ABB bzw. Siemens (Energieübertragung) oder Haliburton (Proppants).

Die Applikationsfelder sind in Abbildung 8 dargestellt. Chinas boomende Energieproduktion wird einen Bedarf von ca. 1 Mrd. \$ an Hochleistungskeramik generieren. Der Markt für Chemie und Petrochemie machte in 2010 500 Mio. \$ aus und sollte bereits in 2011 um weitere 100 Mio. \$ wachsen. Der Metallurgie-Sektor lag 2010 bei 450 Mio. \$ und weist ebenfalls hohe Wachstumsraten auf.

Bei allem starken Wachstum wird erwartet, dass die Profitabilität nicht in gleichem Maße steigen wird besonders für Standard-Keramikprodukte. Die Nationale Entwicklungs- und Reform-Kommission will mit einem Multi-Billionen-Dollar-Projekt die unterentwickelten Westregionen weiterentwickeln. Das wird die Wachstumsraten weiter steigern. Der 12. Fünf-Jahr-Plan bis 2015 lässt mit dem weiteren Ausbau von Infrastruktur und Industrie zusätzliches Wachstum auch für die Keramikindustrie mit ca. 15 % erwarten. Hierin sind auch signifikante Beträge für Forschung und Entwicklung vorgesehen.

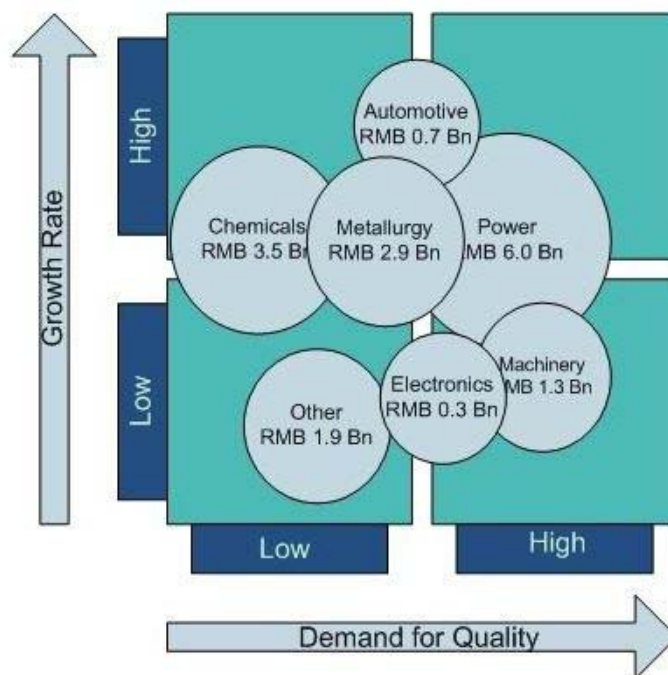


Abbildung 12: Portfolio der Abnehmerindustrie für Hochleistungskeramik in China (die Kreise stellen Ausgaben dar, die Positionierung wird bestimmt durch eine Kombination von Kurzzeitbetrachtungen im Markt sowie dem Qualitätsbedarf der Kunden)
Quelle: Barlow 2011

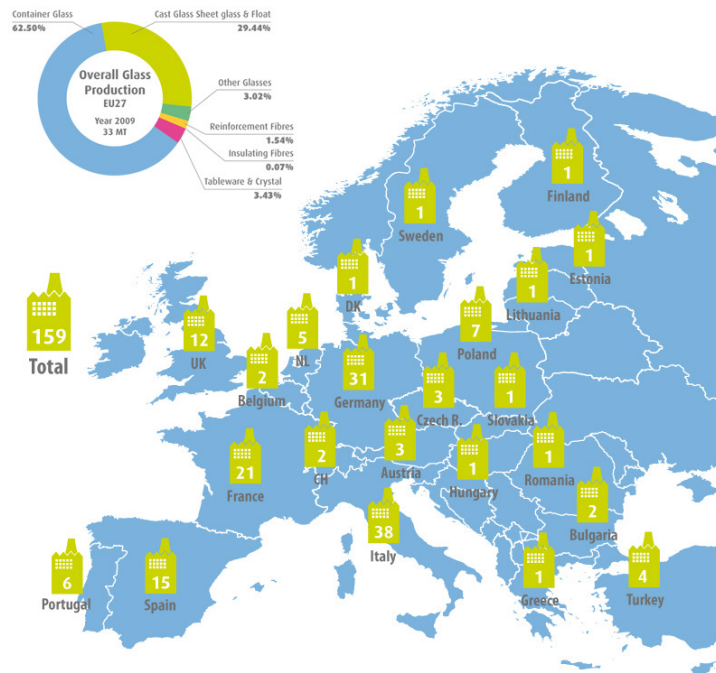


Abbildung 13: Standorte der Glasproduktion in Europa

Quelle: FEVE 2011

Um die Bedeutung des Standorts Thüringen für die Glasindustrie zu erkennen, ist die Abbildung 13 wichtig. In der europäischen Union gibt es 159 Hersteller von Glas, die eine Wanne (Glasschmelze) betreiben. In Deutschland sind 31 Standorte verzeichnet, davon befinden sich 10 in Thüringen. Ein Drittel aller Hersteller arbeitet in Thüringen.

Der Bundesverband Glas mit Sitz in Düsseldorf erstellt für die Glasindustrie jährlich eine detaillierte Statistik der Branche. Leider erfolgt hier keine Unterteilung der Bundesländer. Da in der Umfrage keine detaillierten Zahlen abgefragt werden sollten, ist in eine ähnlich scharfe Detaillierung nicht möglich. Auf nationaler Ebene beschreiben nachfolgende Abbildungen, die dem Jahresbericht 2011 entnommen wurden, den deutschen Glasmarkt. Da die Glashersteller nicht zwingend Mitglied in dem Verband sind, ist die Statistik auch in diesem Fall nicht vollständig.

Umsatzanteile der Glasbranchen¹

Shares in revenue of the glass sectors¹

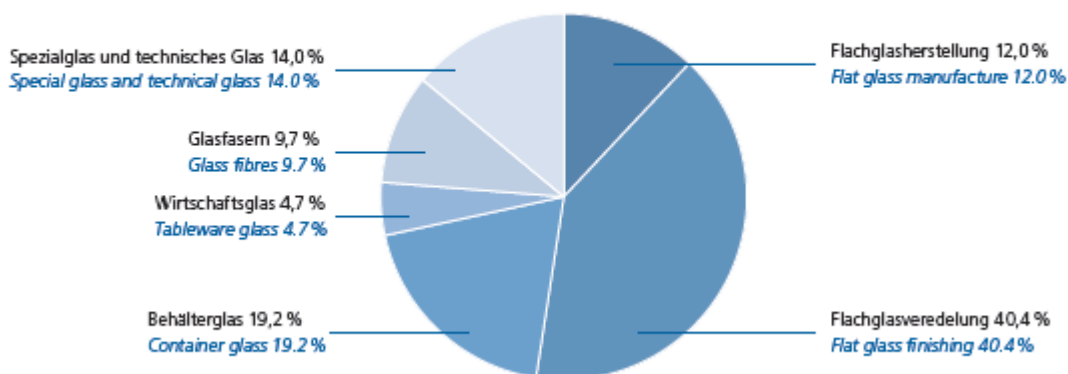


Abbildung 14: Umsatzanteile der Glasbranchen

Quelle: Bundesverband Glasindustrie 2011

In Thüringen sind die Glasbranchen

- Spezialglas und technisches Glas (inkl. Flachglas für Displayanwendungen)
- Glasfasern
- Wirtschaftsglas
- Behälterglas

stark vertreten.

Die deutsche Glasindustrie auf einen Blick: 2010 und 2011				
ERHEBUNGSMERKMAL	MA SSEINHEIT	2010 ¹	2011 ²	VERÄND. IN %
Betriebe > 20 Mitarbeiter	Anzahl	402	403	0,2
Beschäftigte	Anzahl	53.355	54.164	1,5
Produktion ¹	Mio. EUR	8.607	9.131	6,1
	1.000 t	7.164	7.476	4,4
Umsatz gesamt	Mio. EUR	9.284	9.649	3,9
Inland	Mio. EUR	5.941	6.193	4,2
Ausland	Mio. EUR	3.343	3.456	3,4
Ausfuhr	Mio. EUR	4.618	4.975	7,7
Ausfuhrquote ²	%	43,7	44,5	-
Einfuhr	Mio. EUR	3.711	3.998	7,7
Einfuhrquote ³	%	38,4	39,2	-

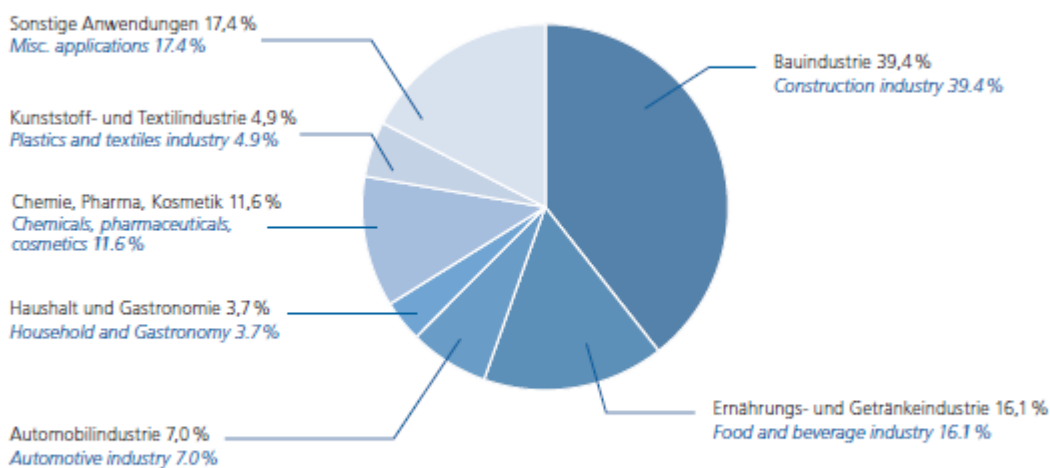
Abbildung 15: Umsatz und Mitarbeiter der BV Glas Mitglieder in Zahlen

Quelle: Bundesverband Glasindustrie 2011

Von 2010 bis 2011 ist der Gesamtumsatz um ca. 4% gewachsen.

Kunden der Glasindustrie

Glass industry customers



Abweichungen sind aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich.
Discrepancies possible due to rounding differences.

Abbildung 16: Kunden der Glasindustrie

Quelle: Bundesverband Glasindustrie 2011

Der Umsatz der Glasindustrie folgt breit verteilt der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Gravierende Änderungen in einer Branche werden häufig durch andere Branchen ausgeglichen.

Zusammenfassend sind die Glasmärkte, auch in Thüringen, über 10 Jahre stabil wachsend. Schnelle Anstiege (wie. z.B. der Anstieg von Solarglas von +17% in 2010 sind durch politische Einflussnahme am Markt begründet. Insgesamt ist kein Rückgang zu erwarten. Die prognostizierten Wachstumsraten von durchschnittlich 5% sind stabil.

Durch die Nachfragefelder nachhaltige Energieerzeugung, Energieeffizienzlösungen, Entsorgung und Recycling, IKT und Lebensmitteltechnik ist ein kontinuierliches Wachstum gesichert. Vier technologische Richtungen der Glasindustrie sind für die Versorgung dieser trendinduzierten Nachfragefelder ausschlaggebend. Auf Grund der benötigten Produkte stellen sie den Schlüssel für eine weitere erfolgreiche Entwicklung der Glasindustrie auch in Thüringen dar.

Diese sind:

- Die Fertigung von dünnem Flachglas und die Veredelung und direkte Verarbeitung.
 - für Dreifachisolierverglasung
 - für Vakuumisolierverglasung
 - Displaytechnik insbesondere Großformate
 - Sicherheitsgläser
 - Architekturverglasung
- Die Fertigung von Rohrglas und die Veredelung.
 - für Röhrenkollektoren
 - für CSP Kraftwerke
 - geschlossene Algenzuchtanlagen
 - Chemische Industrie und Lebensmittelherstellung
 - Wasser und Abwasser
- Die Fertigung von Glasfasern
 - für die Breitbanddatenübertragung
 - für Gewebe/Textilien
 - für Isolationsmaterial
- Das Recycling von Glas
 - Behälterglas
 - andere Flach-, Rohr-, Labor- und Verbundgläser (z.B. Photovoltaik, Flachkollektoren, Röhrenkollektoren, VSG)
 - Schaumglasherstellung als Ende der Recyclingkette

Eine wichtige Besonderheit von Glas ist seine unbeschränkte Recycelfähigkeit, womit sich dieses, von Menschenhand geschaffenen Material von fast allen künstlich geschaffenen Materialien gravierend unterscheidet. Deshalb hat sich eine spezielle Branche innerhalb der Glasindustrie - Recycling von Glas – entwickelt.

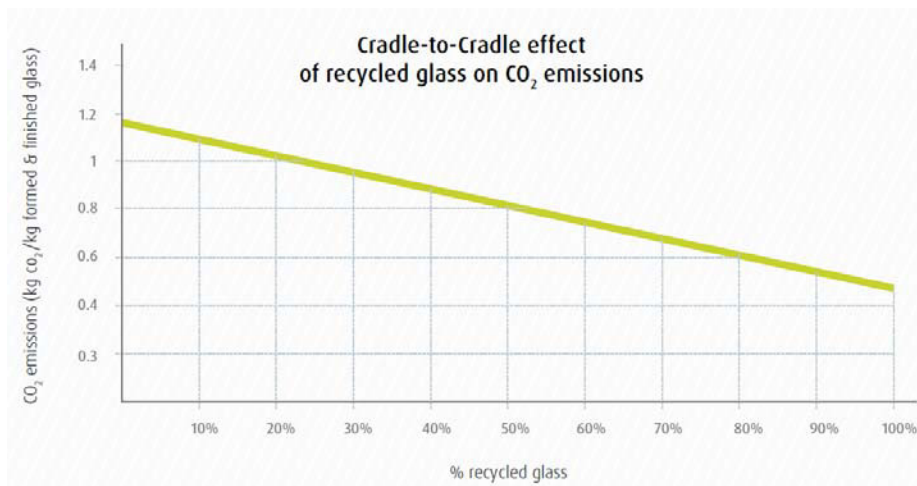


Abbildung 17: CO₂ Reduzierung durch Glas Recycling

Quelle: FEVE 2011

Bei einer 100% Recycling Quote könnte der CO₂ Ausstoß um ca. 2/3 reduziert werden.

In der gesamten Europäischen Union wurden im Jahr 2011 mehr als 11 Mio. Tonnen gesammelt, das entspricht einer Produktion von ca. 25 Milliarden Glasverpackungen. In Deutschland wurden in 2011 rund 2,6 Mio. Tonnen Altglas gesammelt. Damit hat sich die Glasrecyclingquote auf 85% erhöht. Deutschland befindet sich damit unter den Top 5 der EU-Länder mit der höchsten Recyclingquote.

In Thüringen wurden davon in 2011 ca. 57Tt Altglas gesammelt. Dies entsprechen 26 kg pro Einwohner in Thüringen (TLS 2011).

Aber 20% des Altglases (Behälterglas) werden zurzeit in Europa noch nicht genutzt. Dabei macht die deutsche Recyclingquote von 85% einen positiven Trend deutlich – „Glas ist ein Werkstoff der 100%ig recyclingfähig“ (BV Glas 2011) ist.

Glasrecycling spart Energie und Rohstoffe und reduziert die CO₂ –Emission.

80% der gesammelten Glasflaschen und Konservengläser werden in einem Kreislaufsystem recycelt, bei dem neue Flaschen hergestellt werden.

2011 hat Glasrecycling in der EU (FEVE 2011)

- Mehr als 12 Mio. Tonnen Rohmaterialien eingespart
- Mehr als 7 Mio. Tonnen CO₂ vermieden (entspricht einer Einsparung von 4 Mio. Fahrzeugen weniger auf der Straße)
- Pro 10 % produzierten Glas 2,5% Energie eingespart.

Die Energiebilanz und damit die Nachhaltigkeit von Glas können sich sehen lassen (BV-Glas). Das gilt auch für die Herstellung. Durch den Einsatz moderner und sparsamer Schmelztechnologien wurde der Energieeinsatz in den vergangenen Jahren erheblich reduziert. Seit 1990 konnte der Energieeinsatz um ca. 36% seit 1970 sogar um 77% verringert werden.

Den größten Anteil daran haben effiziente Produktionstechniken (minus 32 %), die Gewichtsreduzierung (minus 25%) und das Recycling (minus 20%).

Durch Innovationen wurde in der Behälterglasindustrie das Gewicht 1955 zu 2007 bei;

- Getränkeflaschen von 531g um 43% auf 290g

- Bierflaschen von 360g um 65% auf 125g und
- Mineralwasserflaschen von 570g um 49% auf 295g

reduziert.

Die Automatisierungstechnik und die Logistik für das Glasrecycling wachsen mit steigender Recyclingquote. Beachtenswert ist aber, dass Behälterglas nur 19% vom Umsatz der gesamten Glasproduktion ausmacht aber ca. 54% der Menge darstellt. Die verbleibenden 3.400.000t Glas werden im Wesentlichen nicht recycelt. Hier besteht ein erhebliches Potential zur Einsparung von Energie und CO₂.

Mit der Durchsetzung der europäischen Richtlinie zur Wiederverwertung von PV Elementen wird sich hier ein zusätzlicher Markt für den Maschinenbau entwickeln. Aber auch andere Produkte aus Glas wie Fenster, Fassadenelemente, Sonnenkollektoren (Flach- und Röhrenkollektoren), Autoglas, Bildschirme werden stark in die Wiederverwertung einbezogen.

3.4. Analyse der Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet von Keramik und Glas

In diesem Kapitel soll - im Wesentlichen im nationalen Kontext – ein Überblick über die für die vorliegende Studie relevanten F/E-Arbeiten an den wichtigsten universitären Einrichtungen in der Bundesrepublik gegeben werden.

Dazu wurden die Internetpräsentationen der jeweiligen Einrichtungen nach Themenschwerpunkten sowie deren Veröffentlichungen analysiert.

Die Vielseitigkeit des Werkstoffs Keramik spiegelt sich in den Zuordnungen des Fachgebiets innerhalb der Universitäten und Hochschulen wider. Je nach Einrichtung gehört das Fachgebiet Keramik den Instituten der Materialwissenschaft, Werkstoffwissenschaft, Werkstofftechnik, Fertigungstechnik oder -technologien, Prozesswissenschaften oder Werkstoffanwendungen an .

Die Themenschwerpunkte der Einrichtungen wurden Werkstoffen und Technologien zugeordnet. Hinter den Abkürzungen der Tabelle verbergen sich

FW = Funktionswerkstoffe

SW = Strukturwerkstoffe

GW = Gradientenwerkstoffe

HY = Hybride

GO = Grenz- und Oberflächen-Funktionalisierung

NT = Nanotechnologie

WP = Werkstoffdominierte Prozessketten- u. Zuverlässigkeit

RE = Ressourceneffizienz

MA = Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien- u. Werkstoffsynthese

SI = Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

Insbesondere das KIT Karlsruhe ist an nahezu allen Schwerpunkten aktiv. Andere Einrichtungen hingegen, wie z. B. die Bergakademie TU Freiberg oder die Bauhaus Universität Weimar belegen nur sehr spezielle Themengebiete.

Fast alle Einrichtungen beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit Funktionswerkstoffen sowie maßgeschneiderten Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese.

Die aktuellsten Themen wie Nanotechnologie und Ressourceneffizienz haben bisher nur wenige, größere Einrichtungen in ihr Profil aufgenommen, z.B. die Universität Jena, TU München, RWTH Aachen, bzw. die TU Berlin, FGK Höhr-Grenzhausen, Bauhaus-Universität Weimar.

	FW	SW	GW	HY	GO	NT	WP	RE	MA	SI
TH Aachen					x	x	x			x
Universität Bayreuth	x	x	x		x				x	x
Universität Berlin					x			x	x	
Universität Bremen	x				x		x		x	
TU Chemnitz	x	x		x						x
TU Darmstadt	x			x	x	x	x	x	x	x
TU Dresden	x	x		x	x				x	
Universität Erlangen	x		x	x		x			x	
TU Freiberg						x			x	
TU Hamburg	x	x		x			x			x
Universität Hannover	x	x					x		x	
FGK Höhr-Grenzhausen		x		x			x	x	x	
TU Ilmenau	x			x					x	
FH Jena	x		x				x		x	
Universität Jena	x				x	x			x	
KIT Karlsruhe	x	x	x	x		x	x		x	x
Universität München		x		x		x	x			
TH Nürnberg	x	x	x	x					x	
Universität Saarbrücken	x		x		x				x	x
Universität Stuttgart				x	x		x			x
Universität Weimar		x					x	x		x

Tabelle 13: Themenschwerpunkte Glas/Keramik der universitären Einrichtungen

Zur Vertiefung der Aussagen zu den Forschungsschwerpunkten wurden die Veröffentlichungen der genannten universitären Einrichtungen der BRD zum Fachgebiet Keramik eingeschätzt. Ausgangsbasis waren Veröffentlichungen der letzten beiden Jahre, die mit Hilfe von Literaturrecherchen generiert wurden. Die Veröffentlichungen wurden durch Schlagwörter charakterisiert und danach nach Häufigkeit sortiert. Themen, die mit einer Häufigkeit geringer als 10 Publikationen bearbeitet wurden, erscheinen nicht in der Auswertung. Demzufolge lassen sich auch keine Aussagen zu Pionierveröffentlichungen treffen.

Die meisten Veröffentlichungen erschienen zum Thema Schichten und Beschichtungen. Bis auf wenige Ausnahmen veröffentlichten fast alle Einrichtungen zu diesem Thema, Spitzenreiter war dabei die Universität Stuttgart. Zu Verbundwerkstoffen einschließlich Nanoverbundwerkstoffen wurden 70 Publikationen gezählt, die meisten vom KIT Karlsruhe. Auf Platz 3 liegen

Veröffentlichungen zur Elektro- und Informationstechnik, gefolgt von Biokeramik einschließlich Dentalkeramik.
Die federführenden Einrichtungen nach der Anzahl der Veröffentlichungen sind in einer Tabelle aufgelistet.

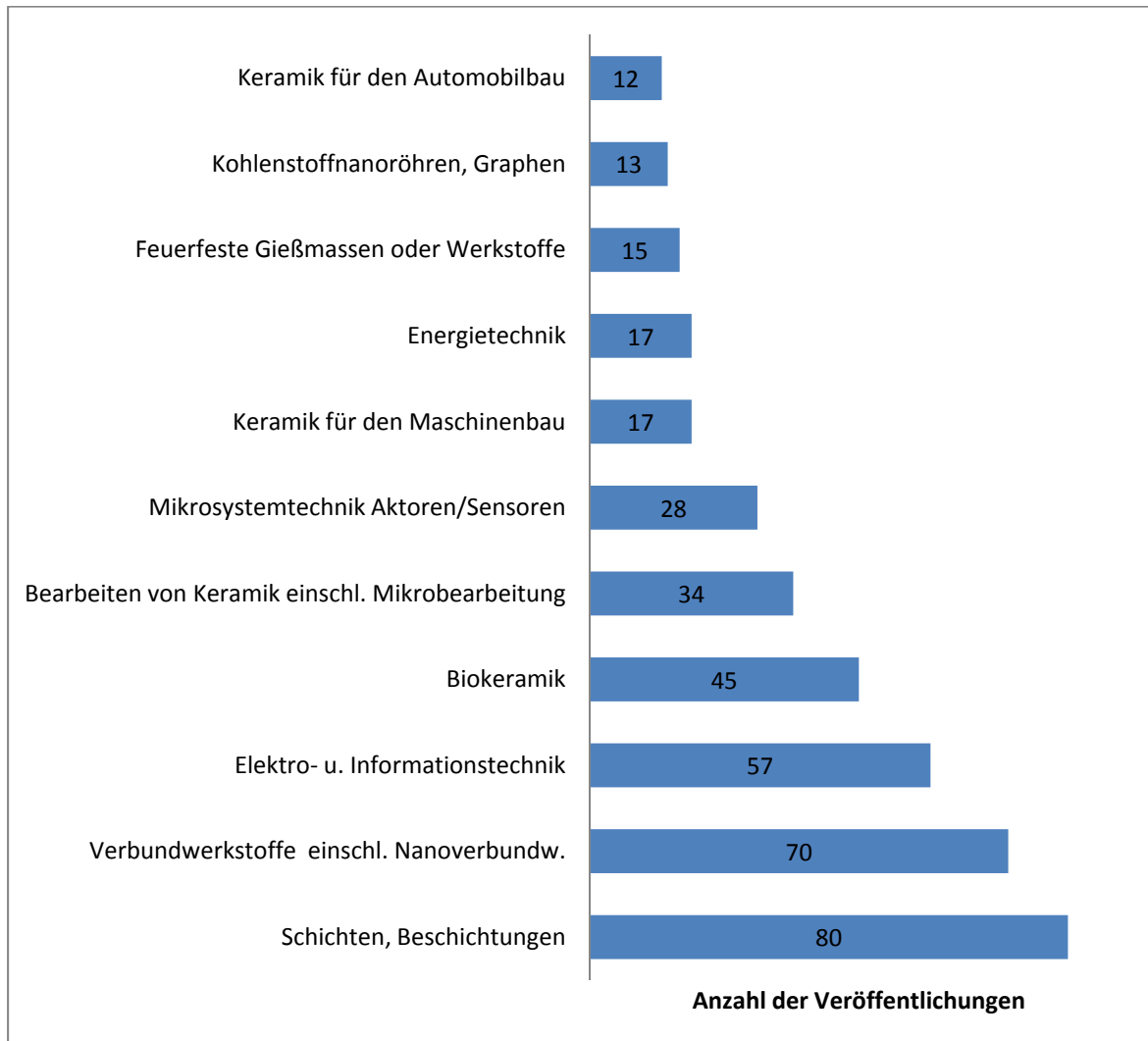


Abbildung 18: Anzahl der Veröffentlichungen der Jahre 2010-2012 der Forschungseinrichtungen zum Fachgebiet Keramik nach meist genannten Themen

Themen nach Schlagworten	Einrichtung mit den meisten Veröffentlichungen
Schichten, Beschichtungen	Universität Stuttgart
Verbundwerkstoffe einschl. Nanoverbundwerkstoffe	KIT Karlsruhe
Elektro- u. Informationstechnik	KIT Karlsruhe
Biokeramik	Universität Erlangen-Nürnberg
Bearbeiten von Keramik einschl. Mikrobearbeitung	RWTH Aachen
Mikrosystemtechnik Aktoren/Sensoren	Universität Bayreuth
Keramik für den Maschinenbau	KIT Karlsruhe
Energietechnik	Universität Stuttgart
Feuerfeste Gießmassen o. Werkstoffe	RWTH Aachen, KIT Karlsruhe
Kohlenstoffnanoröhren, Graphen	Universität Erlangen-Nürnberg
Keramik für den Automobilbau	KIT Karlsruhe

Tabelle 14: Wichtigste universitäre Einrichtungen für keramische Geschäftsfelder nach Anzahl der Veröffentlichungen

Im internationalen Kontext soll hier auf Grund der herausragenden Bedeutung der japanischen Keramikbranche eine weitere Forschungseinrichtung kurz beleuchtet werden. Das Japan Fine Ceramics Center (JFCC) mit Sitz in Nagoya als eines der weltweit führenden Forschungs- und Entwicklungszentren im Bereich der Keramik publiziert auf seiner aktuellen Homepage (JFCC o.J.) u. a. eine Vielzahl von laufenden Projekten, von denen hier nur einige ausgewählte Titel mit Bezug zur vorliegenden Studie wie folgt referiert werden können:

- Mikrostrukturanalyse
 - Strukturanalyse von transluzenten Zeolith-Formkörpern hergestellt durch hydrothermales Heißpressverfahren
- Energie
 - Coating
 - Nano-Coating Projekt
 - Thermische Barrierschichten
 - Sauerstoffpermeabilität von Oxidmaterialien bei ultrahohen Temperaturen
 - Wasserstoffseparation
 - Hocheffiziente Keramikmembranen für die Hochtemperaturseparation von Wasserstoff
 - Gaspermeationsverhalten von Co-dotierten amorphen Silica-Membranen
 - Anodisch oxidiertes Aluminiumoxid für Wasserstofftrennmembranen
 - Helium-permeable SiC-Membranen durch CV-Infiltration
 - Mesoporöse gamma-Al₂O₃-basierte Membranen mit hoher thermischer und hydrothormaler Stabilität
 - u. v. a.
 - Brennstoffzellen
- Ökologie
 - Entwicklung von Hochleistungsphotokatalysatoren für sichtbares Licht
- Carbon Nanotubes
- Sicherheit und Biomaterialien
 - Bewertung von Biomaterialeigenschaften und internationale Standardisierung
 - Hochlastsensoren basiert auf faserverstärkten Composites
- Bewertung und Analyse
 - Entwicklung von Software für designte Sinterprozesse und materialien
 - Entwicklung von Bearbeitungstechniken für Keramik
 - Exakte Berechnung von SOFC-Performance und Ionentransport von Festelektrolyten.

Besondere Beachtung verdient im Hinblick auf die dynamische Entwicklung in China auch der dort laufende strategische Ausbau der F/E-Kapazitäten bei Hochleistungskeramik. Als eines der größten chinesischen Zentren auf diesem Sektor sei hier das Shanghai Institute of Ceramics der Chinese Academy of Sciences (SICCAS) mit aktuell deutlich mehr als 1000 Mitarbeitern erwähnt. Entlang der internationalen Roadmaps werden hier mit extrem hohem personellen und auf modernstem Stand befindlichen apparativem Niveau alle relevanten Topics der Hochleistungskeramik bearbeitet (SICCAS o.J.) wie folgt:

- Strukturkeramik
 - Raumfahrtanwendungen
 - Transparente Keramiken
 - Leichtgewichtsstrukturkeramiken
 - Oxidkeramiken
- Anorganische Beschichtungen
 - Thermische Schutzschichten
 - Plasmaspritzen
- IT-Anwendungen
 - Ferroelektrische und piezoelektrische Keramiken
 - Spezialgläser und Mikrowellendielektrika

- Physik der Funktionskeramiken
- Einkristalle für IT-Anwendungen
- Biomaterialien und Tissue Engineering
- Bio-nano-Technologie
- Bioaktive Materialien und Tissue Engineering
- Biomaterial-Oberflächen-Engineering
- Optische Fasern für biomedizinische Anwendungen
- Energie-Materialien
- SOFC
- Materialien für Energiewandlung
- Batterieforschung
- Kristallforschung
- Szintillationskristalle
- Laser- und Optik-Kristalle
- Anorganische Chemie und Physik.

Wenn auch in den einzelnen Topics der internationale Spitzenstand in der Breite insbesondere im Hinblick auf die industrielle Umsetzung gegenwärtig noch nicht erschlossen ist, gebührt der konzertierten Forschung und Entwicklung in Europa und insbesondere in Deutschland auf dem Gebiet der Hochleistungskeramik (einschließlich Glas und Kristalle!) zur Sicherung der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit enorme strategische Bedeutung, zumal die Leiter der entsprechenden Forschungsabteilungen im SICCAS häufig in Deutschland, der EU bzw. USA auf höchstem Niveau ausgebildete Spezialisten sind.

4. Ergebnisse der Befragung Thüringer Unternehmen der Keramik- und Glasbranche

4.1. Übersicht statistischer Befunde für die Thüringer Keramik- und Glasbranche im Vergleich zur Gesamtsituation der Bundesrepublik

Unter Bezug zur Studie von Roland Berger Consultants muss im Hinblick auf die statistischen Datenerhebungen an dieser Stelle nochmals auf die Problematik der Branchenschärfe und Vergleichbarkeit der Daten hingewiesen werden. Dort wurden im Sinne einer einheitlichen Werkstoffbetrachtung des Feldes Kunststoffe und Keramik die Zahlen des Thüringer Landesamtes für Statistik (TLS) für die folgenden „Viersteller“ gemäß WZ 2008 zusammengefasst:

- 2016 Herstellung von Kunststoffen in Primärformen
- 2221-2229 Herstellung von Kunststoffwaren
- 2332 Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik
- 2343 Herstellung von Isolatoren und Isolierteilen aus Keramik
- 2344 Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke.

Die Aussagen der vorliegenden Studie beziehen sich auftragsgemäß auf den Wirtschaftszweig Keramik und ergänzend Glas (WZ 23) mit differenzierter Betrachtung und Fokussierung auf technische und zukunftssträchtige Anwendungen.

Die Daten der Glas- und Keramik-Industrie sind dem Wirtschaftszweig 23 „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ zugeordnet (WZ 2008). Die Branche gehört zum Verarbeitenden bzw. Produzierenden Gewerbe. Der Industriezweig „Herstellung und Bearbeitung von Zement, Kalk, Beton, Naturstein u. a.“ ist Bestandteil der WZ23. Gemeinsames Merkmal des Wirtschaftszweigs ist die Herstellung von Produkten aus natürlichen oder naturidentischen anorganischen Rohstoffen.

Die gesamte Branche verfügt im Vergleich zu anderen über eine relativ niedrige Bruttowertschöpfung und geringes, aber stabiles Wachstum. Die letzten verfügbaren Daten betreffen das Jahr 2008. Für eine bessere Übersicht wurde der Zeitraum von 2003 bis 2008 betrachtet. Die Wertschöpfung entwickelte sich in diesen Jahren stabil. Im Jahr 2007 wurde der höchste Wert in der WZ 23 erreicht, die Veränderung gegenüber dem Vorjahr entsprach 6 %, 2008 musste ein Rückgang von 9,57 % hingenommen werden.

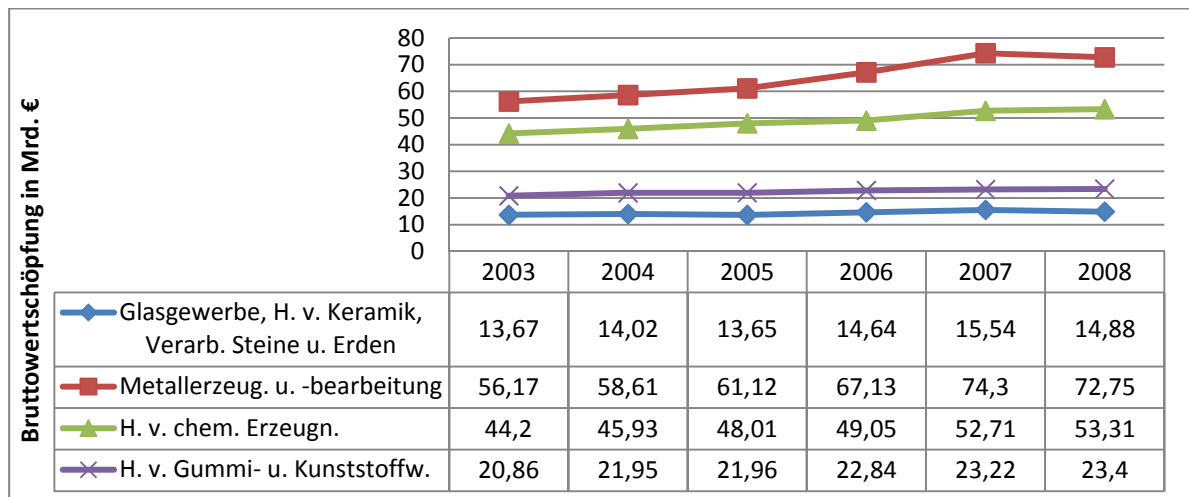


Abbildung 19: Bruttowertschöpfung Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden im Vergleich mit anderen Branchen der Verarbeitenden Industrie Quelle: Statistisches Bundesamt 2009

Der Material- und Energieverbrauch der Branche WZ23 belief sich im Jahr 2010 auf 38,7 % des Anteils am Bruttoproduktionswert. Der Gesamtanteil fremder Wirtschaftszweige am Produktionswert der Güterabteilung für Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden ist relativ gering, er betrug im Jahr 2008 5 %. Branchenfremde Erzeugnisse sind an der Produktion der WZ23 zu 7 % beteiligt.

Die Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie gehört zu den Industriezweigen mit niedriger F/E-Intensität. Im Jahr 2006 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 0,7 % des Produktionswerts für interne F/E Aufträge ausgegeben, in den OECD-Staaten waren es 0,8 % (Rammer 2011).

Das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung untersuchte im Jahr 2011 Innovationen des Industriezweigs WZ23 unter verschiedenen Gesichtspunkten. Im Jahr 2010 betrieben 21 % der Unternehmen kontinuierlich Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, 19 % gelegentlich, 60 % der Unternehmen zeigten keine Aktivitäten. Die wirtschaftliche Lage der Branche WZ23 verbesserte sich 2010, dies zeigte sich auch in der Erhöhung der Innovationsausgaben. 2,6 % des Umsatzes wurden für Innovationsprojekte ausgegeben. 47 % der Unternehmen führten innerhalb eines Dreijahreszeitraums ein Innovationsprojekt ein, unabhängig davon, ob in einem anderen Unternehmen diese Innovation bereits umgesetzt wurde. Kostensenkende Prozessinnovationen wurden von 13 % der Unternehmen umgesetzt. 22 % der Unternehmen boten mindestens eine Marktneuheit an. Durch Prozessinnovationen konnten 8 % der Unternehmen ihre durchschnittlichen Stückkosten senken und die Qualität ihrer Produkte verbessern. Produktinnovationen, die zugleich Marktneuheiten darstellten, wurden 2010 von 16 % der Unternehmen der Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie eingeführt.

Für 2012 planten 6 % der Unternehmen der Branche WZ23 nur Prozessinnovationen, 28 % Produkt- und Prozessinnovationen, 12 % nur Produktinnovationen. 46 % der Unternehmen haben keine Innovationsaktivitäten geplant (ZEW 2012).

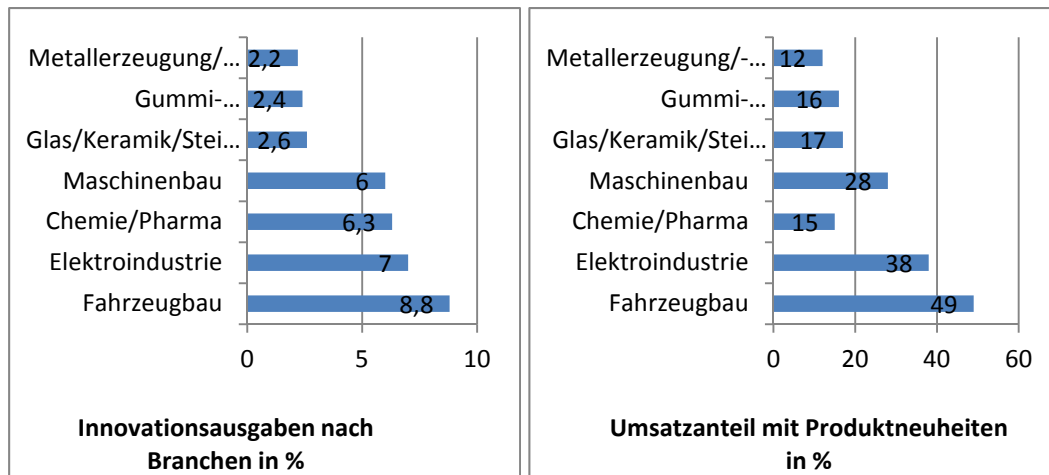


Abbildung 20: Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2011 für die Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie
Quelle: ZEW 2012

Der Index der Arbeitsproduktivität der WZ23 (2005 = 100) im Zeitraum von 2005 bis 2011 erreichte 2006 den höchsten Wert von 109,7 (Produktionsergebnis je Beschäftigten) bzw. 108,1 (Produktionsergebnis je Arbeitsstunde). Im Jahr 2009 erlebte die Branche einen Einbruch, die geringsten Werte der Arbeitsproduktivität wurden registriert. Ab 2010 stieg die Arbeitsproduktivität wieder. Inzwischen wurden 2011 97,99 % bzw. 98,14 % der höchsten Werte von 2006 erreicht.

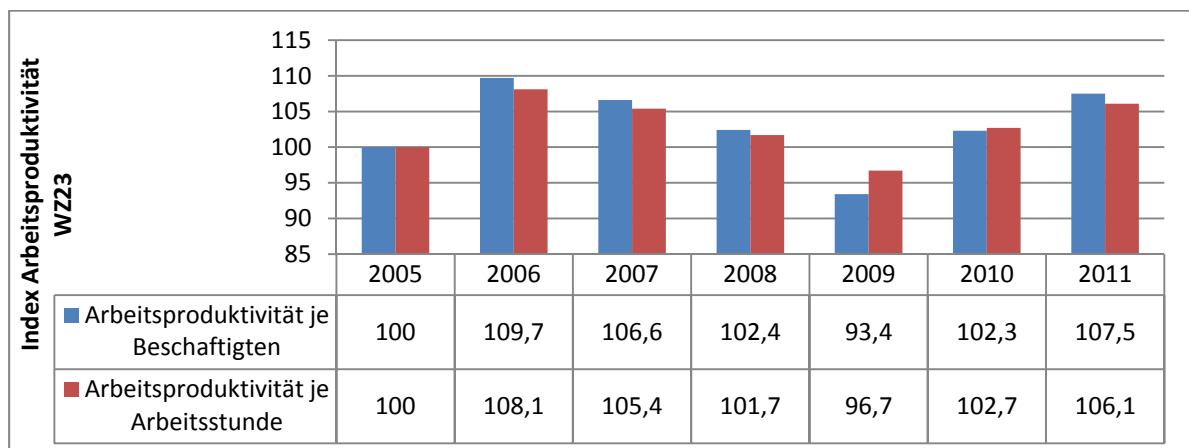


Abbildung 21: Arbeitsproduktivität WZ23

Quelle: Destatis 2013

Die meisten Unternehmen der Branche WZ23 sind in der Bundesrepublik in Bayern, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg angesiedelt, im Norden der BRD und im Saarland existieren nur wenige Unternehmen. Im Bundesland Thüringen ist der Anteil der Warengruppe WZ23 am Gesamtumsatz der Verarbeitenden Industrie am höchsten.

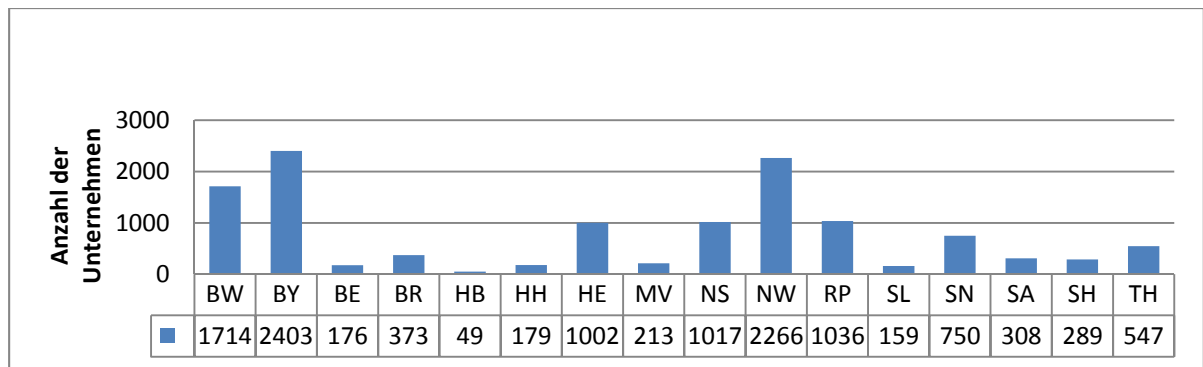


Abbildung 22: Anzahl der Unternehmender WZ23 in den Bundesländern

Quelle: Eden 2013

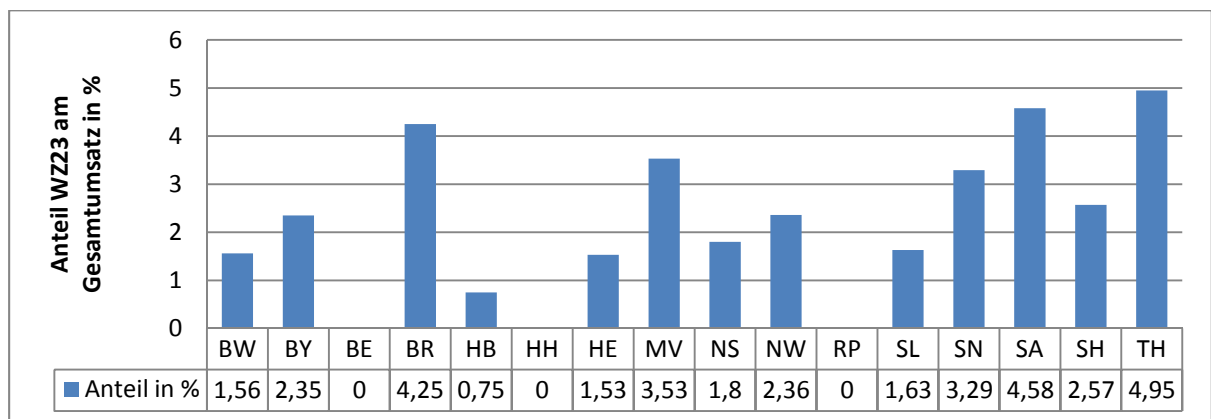


Abbildung 23: Anteil WZ23 am Gesamtumsatz Verarbeitendes Gewerbe 2010

Quelle: Destatis 2013

Genauer betrachtet wurde die Glas- und Keramik-Industrie in Thüringen im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt.

Der Umsatzindex, ein wichtiger Indikator für die Nachbetrachtung der konjunkturellen Entwicklung, fällt in Thüringen in der Warengruppe WZ23 höher aus als im Bundesdurchschnitt. Besonders zeichnete sich der Vorteil für das Bundesland Thüringen in den Jahren 2010 und 2011 ab. Ausnahme ist das Jahr 2008. In diesem Jahr war der Umsatzindex in Thüringen geringer als der Durchschnitt.

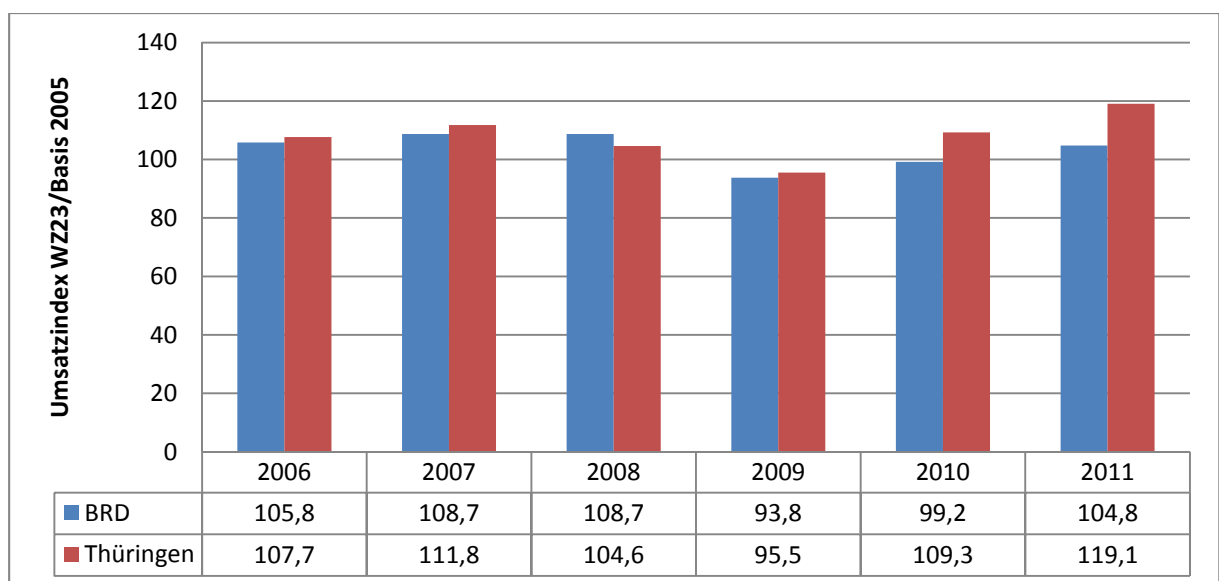


Abbildung 24: Umsatzindex für Warengruppe WZ23-Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen, Basis 2005 = 100

Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Die Umsatzanteile der Warengruppe WZ23 betragen 2010 für die Glas- und Keramik-Industrie im Bundesdurchschnitt 44 %, der Anteil der Teilbranche „Herstellung und Erzeugung von Beton u.a.“ 56 %. In Thüringen sind die Anteile der Warengruppen zu Gunsten der Herstellung von Glas und Glaswaren sowie keramischer Werkstoffe verschoben, er beträgt 70 %, während der der Herstellung und Erzeugung von Beton, Zement, Gips u.a. nur 30 % umfasst.

Der Anteil „Herstellung von Glas und Glaswaren“ ist in Thüringen fast doppelt so groß wie der des Bundesdurchschnitts.

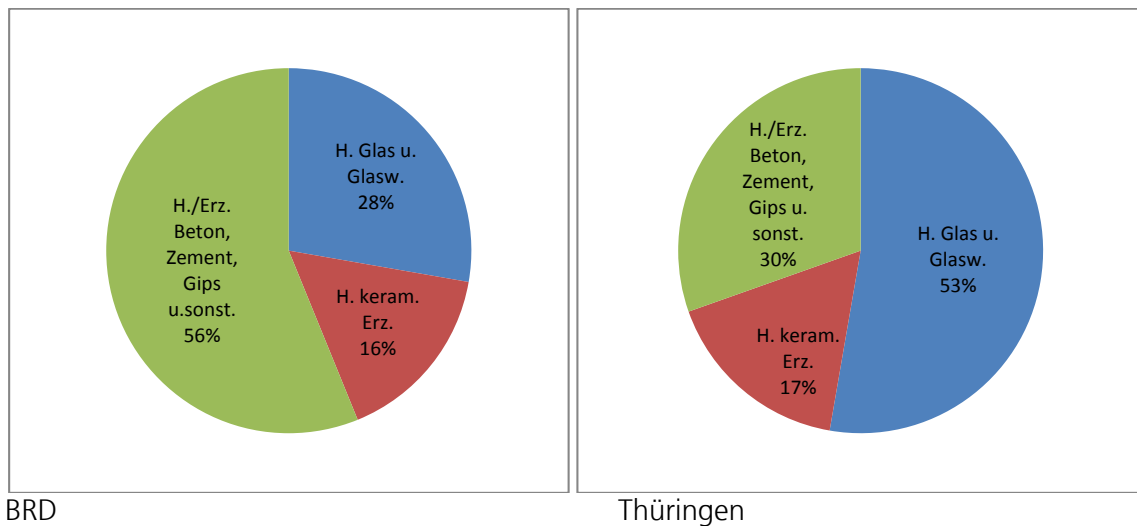


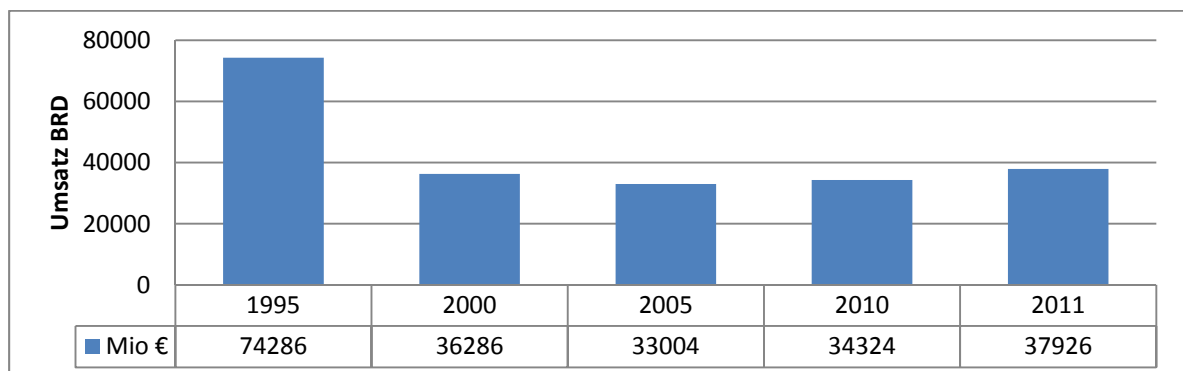
Abbildung 25: BRD/Thüringen Anteil der Unterbranchen am Umsatz WZ23/2010

Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Für den Vergleich der Warengruppe WZ 23 des Landes Thüringen mit dem Bundesdurchschnitt wurden der Umsatz, die Anzahl der Unternehmen sowie die Beschäftigtenzahlen in 5-Jahres-Zeiträumen herangezogen. Frühere Daten sind auf Grund des Neuaufbaus der Statistischen Landesämter in 5 Bundesländern nicht sicher.

Der Umsatz der Warengruppe verringerte sich in der BRD von 1995 bis 2000 stark, 2005 wurde der geringste Umsatz erzielt, ab 2010 befand er sich im Wachstum. Im Jahr 2011 wurde ein Umsatz von 37 Mill. € erzielt, das entspricht einer Steigerung von 10 % gegenüber dem Vorjahr.

In Thüringen stieg der Umsatz von 1995 bis 2010, nur 2005 war ein minimaler Rückgang zu verzeichnen.



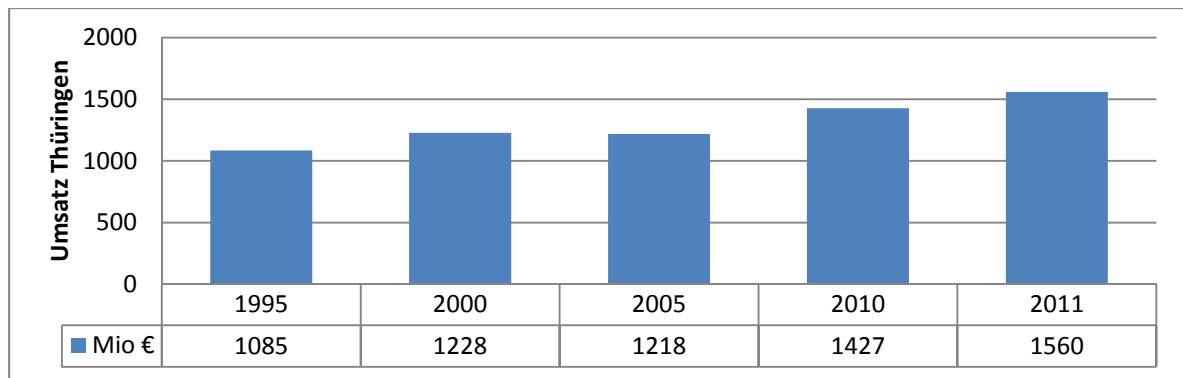


Abbildung 26: Vergleich Umsatz WZ23 BRD/Thüringen

Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Die Anzahl der Unternehmen in der BRD entwickelte sich von 1995 bis 2005 rückläufig und erreichte 2005 den Tiefststand mit 1778. Im Jahr 2010 existierten wieder 3175 Unternehmen. In Thüringen nahm die Anzahl der Produktionsbetriebe in den Jahren 1995 bis 2000 zu. Ab 2005 sank die Zahl der Betriebe, 2011 existierten nur noch 139 Unternehmen.

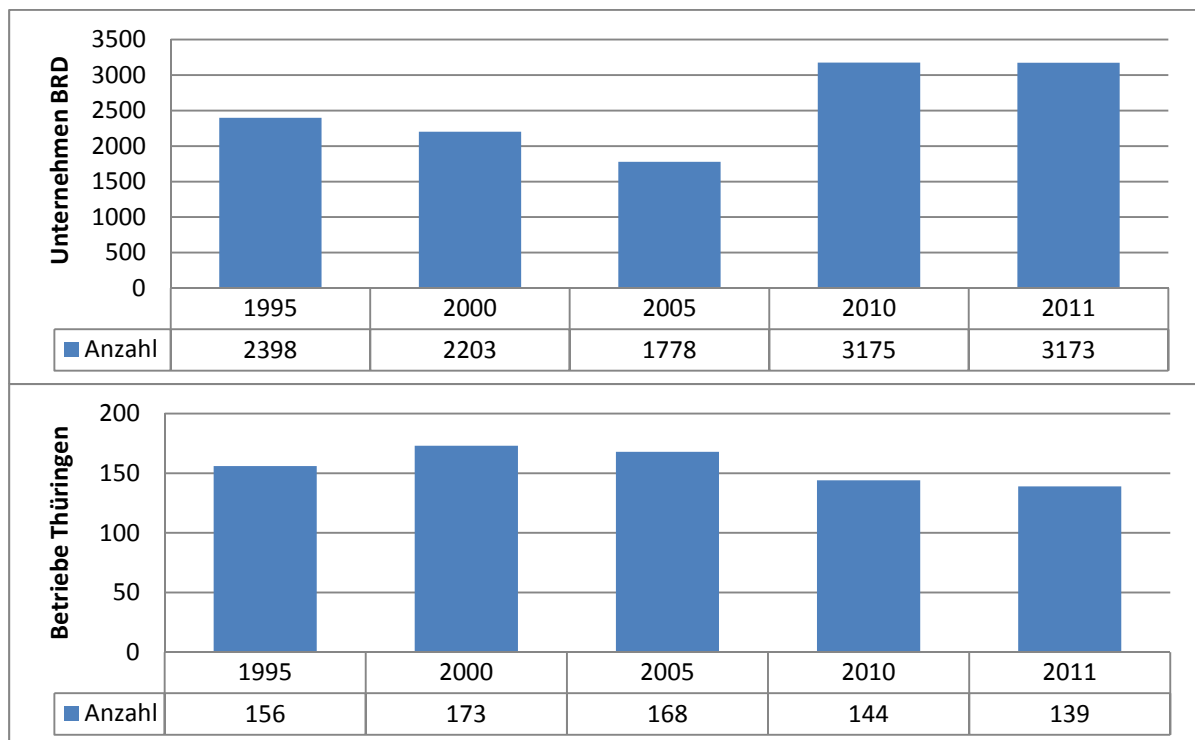


Abbildung 27: Vergleich Anzahl Unternehmen/Betriebe WZ23 BRD/Thüringen

Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Die Zahl der Beschäftigten in der BRD sank von 1995 bis 2010 kontinuierlich, gegen den Trend wurden 2011 1 % mehr Beschäftigte als im Vorjahr verzeichnet. In Thüringen waren im Jahr 1995 11719 Arbeitskräfte beschäftigt. Bis 2005 sank die Beschäftigtenzahl, von 2010 bis 2011 ist auch hier ein Anstieg zu verzeichnen.

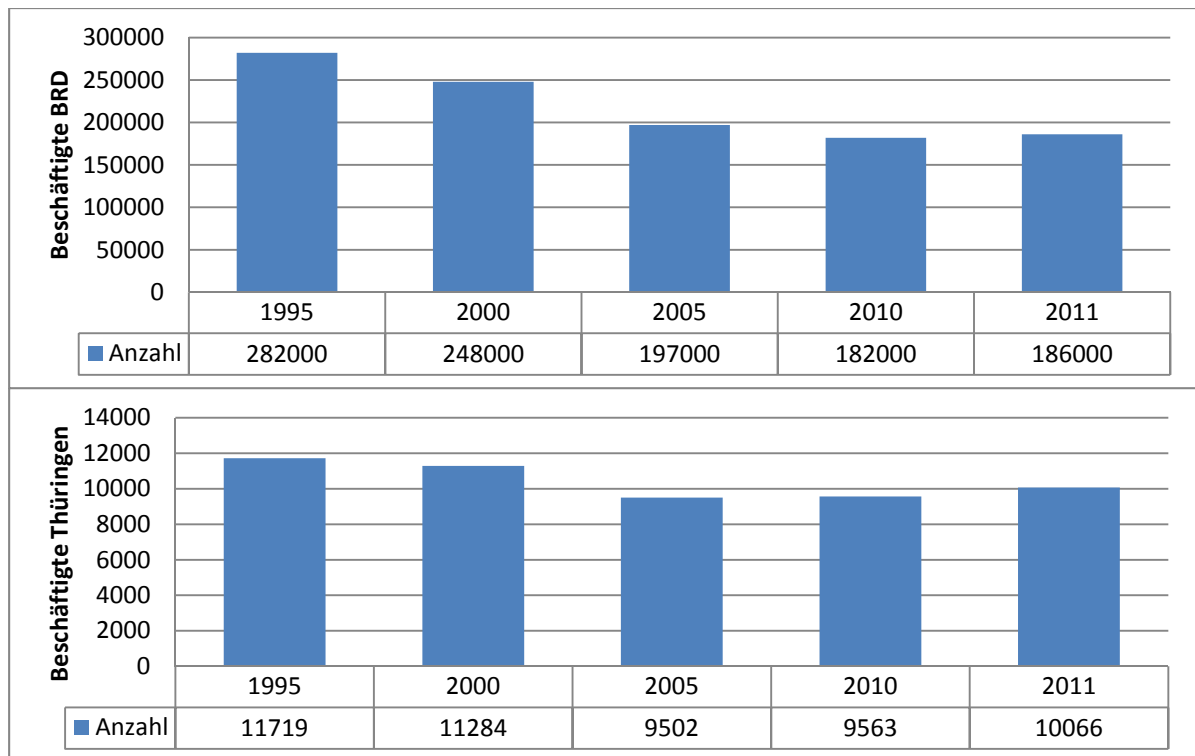
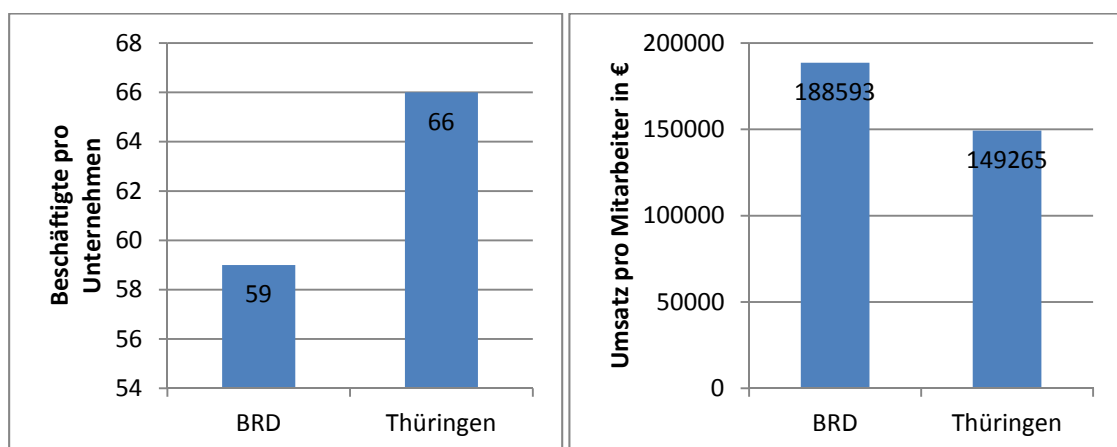


Abbildung 28: Vergleich Anzahl der Beschäftigten WZ23 BRD/Thüringen

Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Der Vergleich verschiedener wichtiger Wirtschaftsdaten mit dem Bundesdurchschnitt zeigt, dass die Anzahl der Beschäftigten pro Unternehmen sowie die Investitionen in Mitarbeiter pro Maschine in Thüringen etwas höher ist. Im Durchschnitt waren in Thüringen im Jahr 2011 66 Beschäftigte in Unternehmen der Branche WZ 23 beschäftigt, das waren 12% mehr als in der übrigen BRD. Der durchschnittlich höhere Umsatz pro Mitarbeiter wurde hingegen im Bundesgebiet erreicht, die Mehreinnahmen betragen 14 %. Für Investitionen in Anlagen pro Mitarbeiter wurden in Thüringen durchschnittlich 3 % mehr ausgegeben. Die Exportquote lag im Bundesdurchschnitt 2 % höher als in Thüringen.



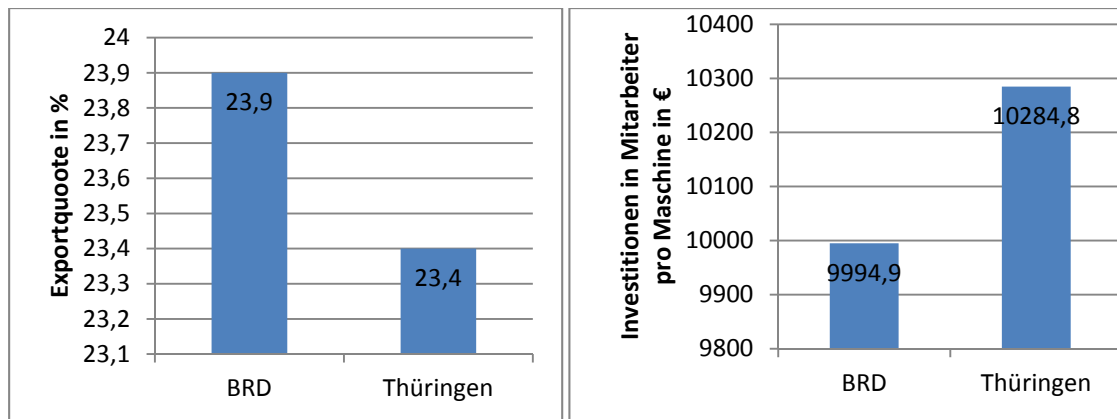


Abbildung 29: Vergleich Beschäftigte pro Unternehmen, Umsatz pro Mitarbeiter, Exportquote, Investitionen in Maschinen pro Mitarbeiter WZ23 BRD/Thüringen
Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2012

Von den Unternehmen der Glas- und Keramik-Industrie (ohne Herstellung/Erzeugung von Beton, Zement, Gips) zählten in der BRD 4 % der Betriebe zur Größenklasse über 500 Beschäftigte, 34 % der Betriebe gehörten zu Kleinbetrieben, 62 % der Betriebe zur mittleren Größe. In Thüringen konnten nur 1 % der Betriebe der Glas- und Keramik-Industrie Betrieben mit über 500 Mitarbeitern zugeordnet werden, 46 % der Betriebe gehörten zur mittleren Größe mit 50 bis 500 Mitarbeitern. Kleine Betriebe mit weniger als 50 Beschäftigten überwogen im Bundesland, 53 % der Unternehmen gehörten dazu.

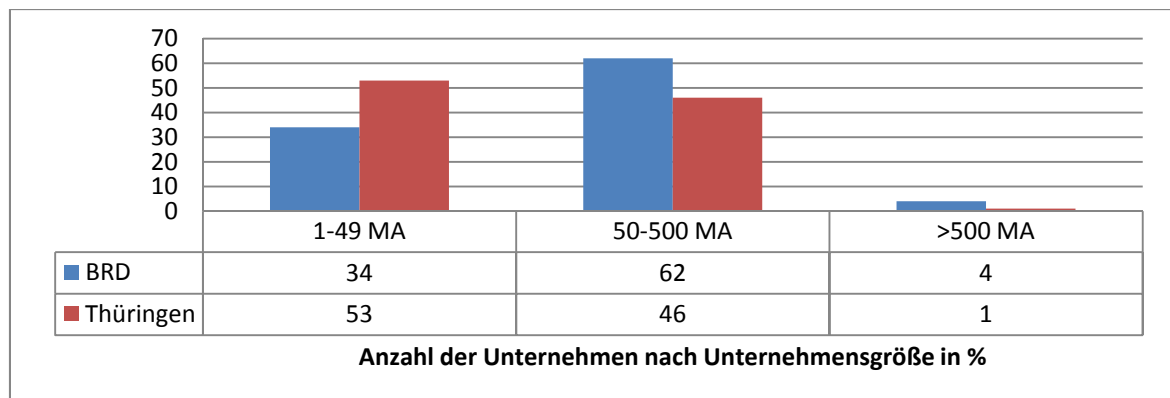


Abbildung 30: Anzahl der Unternehmen Glas/Keramik nach Unternehmensgröße BRD/Thüringen
Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2011

Eine Aussage zu den tätigen Personen nach Unternehmensgröße ist nur tendenziell treffen, da verschiedene Werte in dieser Kategorie sowohl für die BRD als auch für Thüringen nicht veröffentlicht wurden.

Der größte Anteil der Beschäftigten der WZ23 arbeitete bundesweit in Unternehmen mit 50 bis 500 Mitarbeitern. Diese Aussage ließ sich auch auf Thüringen übertragen. Allerdings wurden zu 24 % bzw. 19 % der tätigen Personen keine Zuordnungen getroffen. In Thüringen arbeiteten 18 % der Mitarbeiter in Unternehmen mit 1 bis 49 Beschäftigten, während im Bundesdurchschnitt der Anteil geringer war. Die Anzahl der Beschäftigten in Betrieben mit mehr als 500 Beschäftigten wurde für Thüringen nicht veröffentlicht.

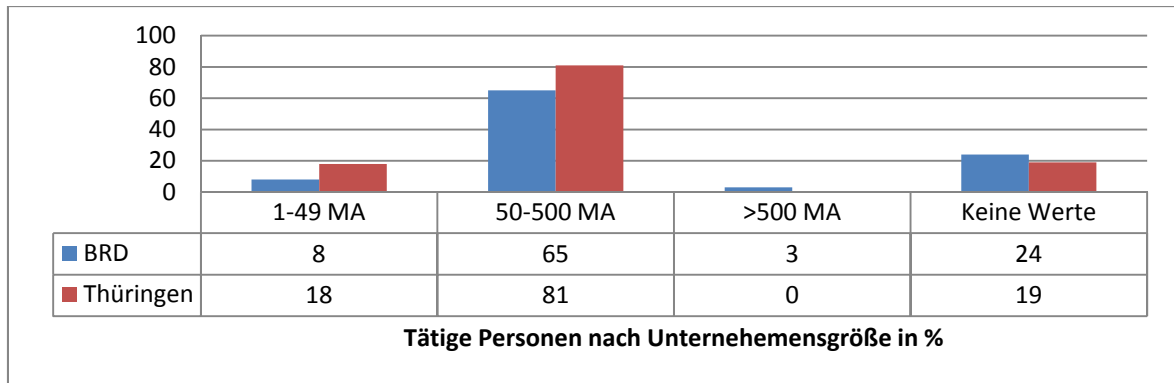


Abbildung 31: Anzahl der Mitarbeiter Glas/Keramik nach Unternehmensgröße BRD/Thüringen
 Quelle: Statistisches Bundesamt 2012, TLS 2011

Innerhalb der Statistik der Glas- und Keramik-Industrie wurden 2010 die meisten Unternehmungen im Bundesdurchschnitt zur Veredlung und Verarbeitung von Flachglas gezählt.

In Thüringen existierten die meisten Betriebe in den Unterteilungen „Herstellung von Hohlglas“ sowie „Herstellung, Veredlung, Bearbeitung von sonstigem Glas und technische Glaswaren“.

Mit je nur einem Betrieb sind die Wirtschaftszweige „Herstellung von Flachglas“, „Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffe und Waren“ vertreten, dafür sind keine Daten verfügbar. Nicht hergestellt wurden keramische Wand- und Bodenfliesen, Sanitärkeramik und sonstige keramische Erzeugnisse.

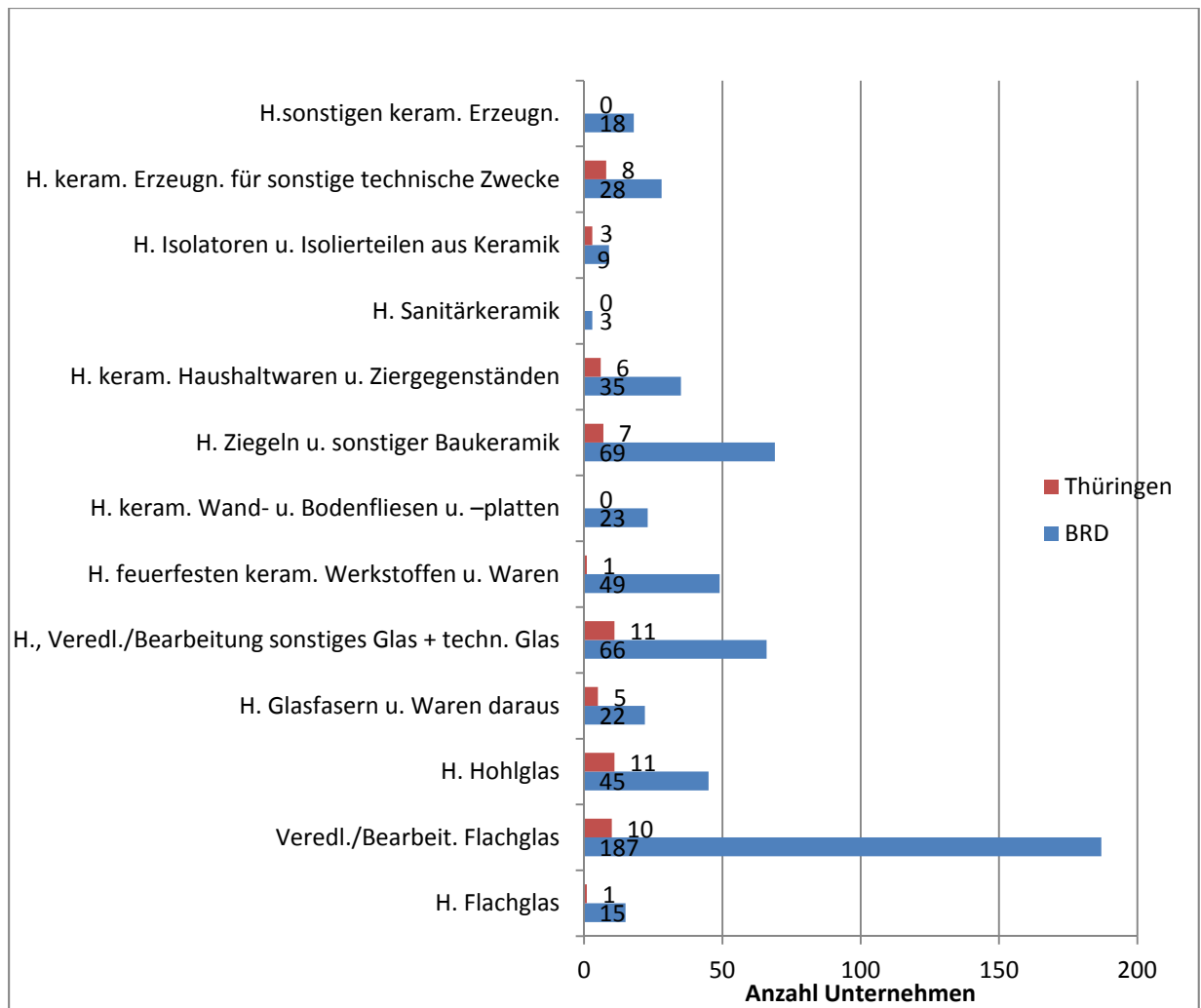


Abbildung 32: Anzahl der Unternehmen/Betriebe nach Wirtschaftszweigen der Glas-Keramik-Industrie BRD/Thüringen
Quelle: Destatis 2013, TLS 2011

Der größte Umsatz pro Beschäftigte wurde im Bundesdurchschnitt mit der Herstellung von Flachglas erzielt. Für die Herstellung von Isolatoren und Isolierteilen aus Keramik sowie die Herstellung von Sanitärkeramik sind wegen der geringen Anzahl der Unternehmen keine Umsatzzahlen verfügbar.

In Thüringen sind Aussagen zum Umsatz der Unternehmen innerhalb der Warengruppen schwierig, weil in einigen Wirtschaftszweigen nur sehr wenige Firmen existieren, statistische Daten werden in diesen Fällen nicht veröffentlicht. Nicht hergestellt werden im Bundesland keramische Wand- und Bodenfliesen und -platten, Sanitärkeramik und sonstige keramische Erzeugnisse. Der höchste bekannte Umsatz je Beschäftigte wurde in Thüringen von der Gruppe „Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik“ erzielt.

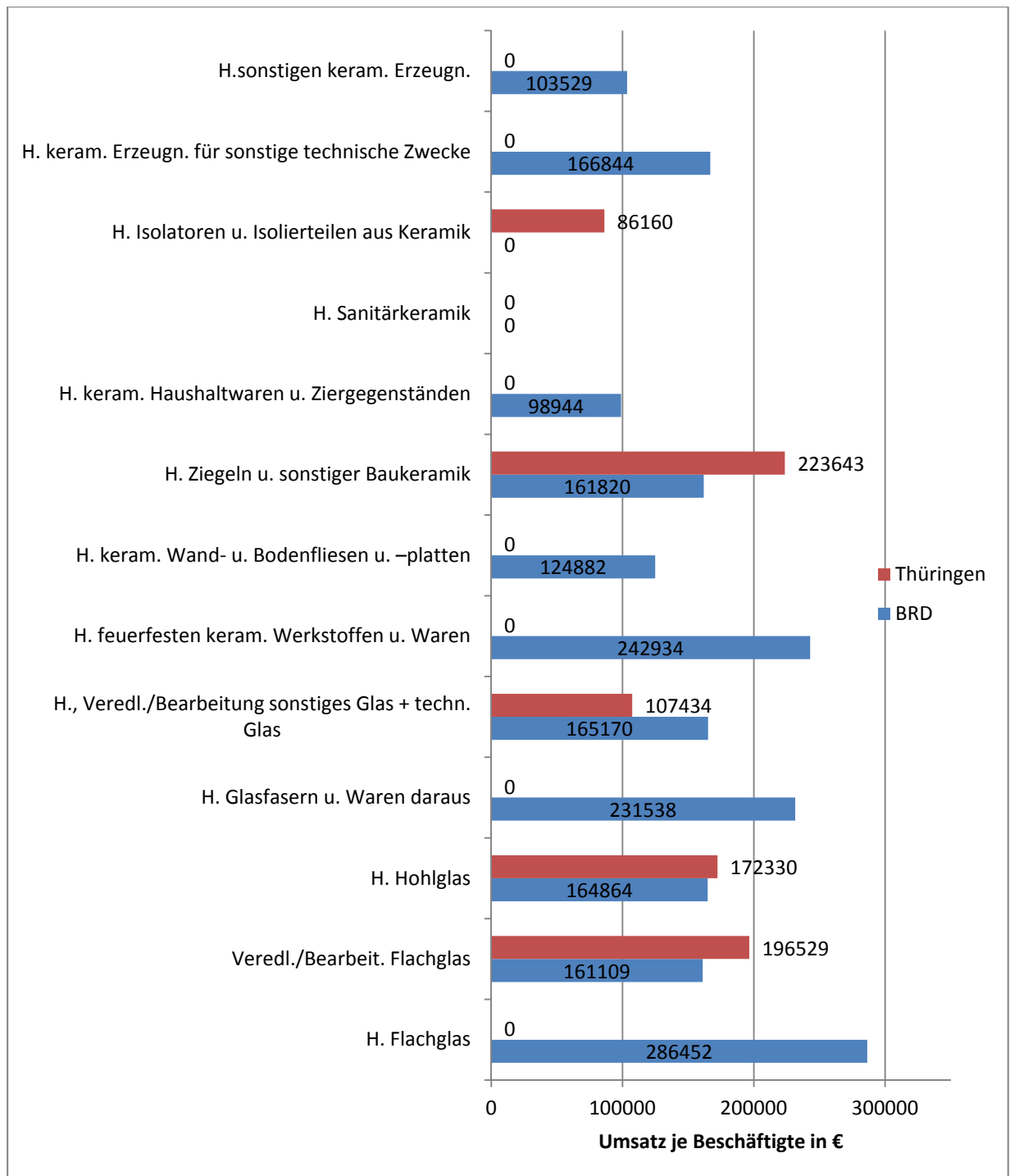


Abbildung 33: Umsatz je Beschäftigte nach Industriezweigen der Glas-Keramik-Industrie BRD/Thüringen
 Quelle: Destatis 2013, TLS 2011

Die Entwicklung der Warengruppen verlief in Thüringen in den letzten Jahren sehr stabil, das verdeutlichen die Diagramme zum Umsatz je Beschäftigten in den einzelnen Warengruppen. Bis auf den Industriezweig „Herstellung von Hohlglas“ kann die Glas- und Keramik-Industrie moderates Wachstum verzeichnen. Die fehlenden Daten in verschiedenen Wirtschaftszweigen, hier mit 0 angegeben, sind laut Statistik des Landes Thüringen unbekannt oder geheim zu halten.

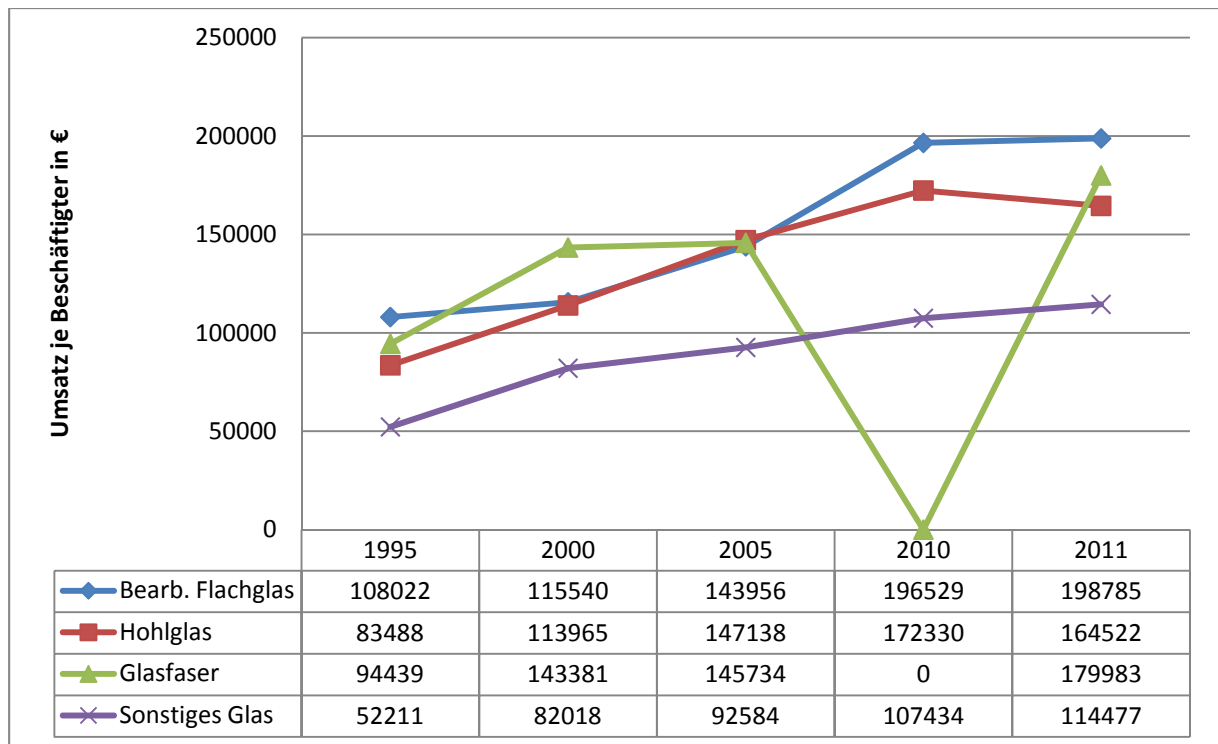


Abbildung 34: Umsatz je Beschäftigte der Glasindustrie in Thüringen

Quelle: TLS 2011

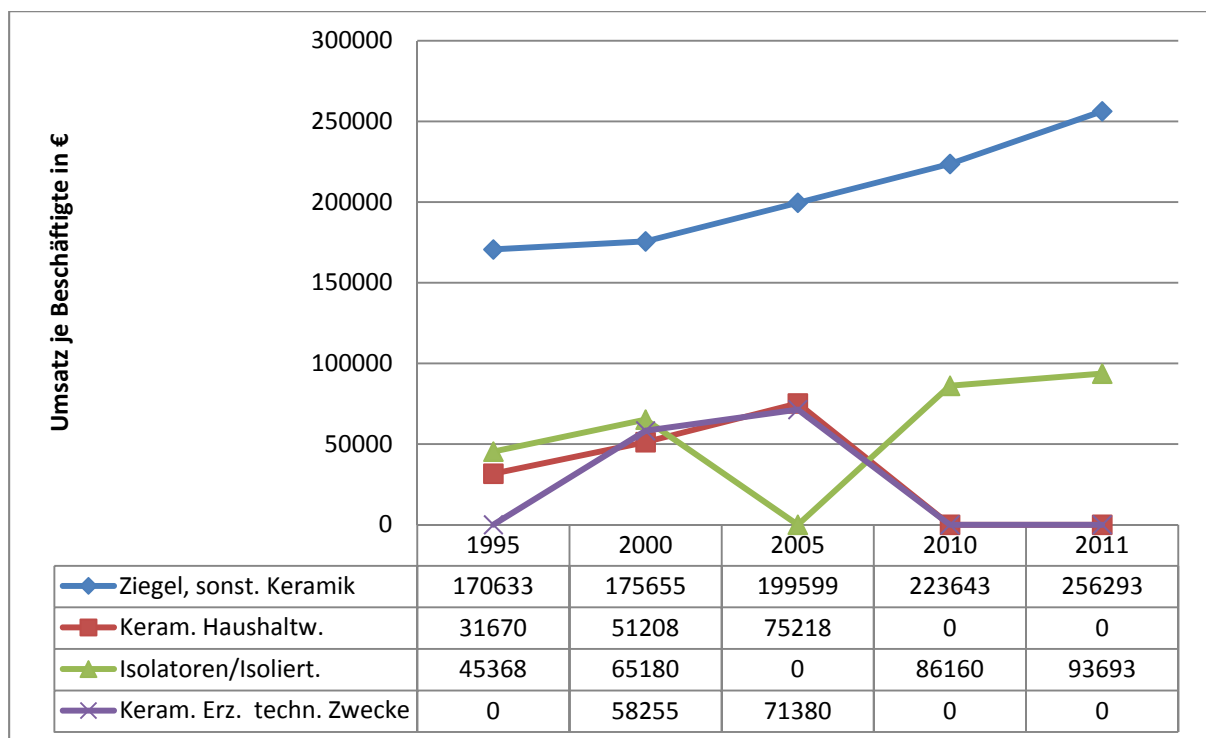


Abbildung 35: Umsatz je Beschäftigte der keramischen Industrie in Thüringen

Quelle: TLS 2011

4.2. Umfang der Unternehmensbefragung

Basis für die Unternehmensbefragung war ein vom Auftragnehmer entworfener neutralisierter Fragebogen, der die relevanten Problemstellungen möglichst wettbewerbsneutral einer Bewertung zuführen sollte (Muster im Anhang). Die Datenbank MARKUS weist für Thüringen im Güterverzeichnis 26 für Glas und Keramik (außer bearbeitete Steine und Erden)(entspricht WZ 23) insgesamt 63 Unternehmen aus (MARKUS 2013)

Für den Bereich der Keramik wurden insgesamt 25 Thüringer Unternehmen befragt. Darunter waren neben den Vertretern der Hersteller technischer Keramiken

- 2 Anlagenbauer
- 2 Hersteller von anorganisch-nichtmetallischen Materialien, die üblicherweise in der WZ 2013 abrechnen (Firmenpartner des industriellen Netzwerkes des Auftragnehmers) und
- 1 Vertreter aus dem Bereich der Geschirrk Keramik (WZ 2341), der allerdings innovative werkstoffliche und technologische Ansätze verfolgt.

Von Beginn an nicht in die Befragung einbezogen wurden (wegen unklarer Branchenabgrenzung im Auftragsumfang) die Firmen aus dem Bereich Baukeramik (WZ 2332). In Thüringen werden bzgl. der Herstellung von Produkten der Baukeramik 6 Standorte ausgewiesen, von denen mit Ausnahme einer mittelständischen Firma alle übrigen Produktionseinheiten größerer Firmenverbände darstellen, für die in der Regel insbesondere gesamthafte Innovationsaktivitäten über die nicht in Thüringen ansässigen Konzernzentralen erfolgen.

Direkt an der Befragung beteiligt haben sich aus dem Bereich der Keramik (und Spezialmaterialien) 12 Thüringer Firmen (zusätzliche 1 weitere, jedoch aus Geheimhaltungsgründen nur fragmentarisch).

Bei der Analyse der nicht an der Befragung beteiligten Firmen fällt auf, dass dies mehrheitlich Tochterunternehmen von Beteiligungsgesellschaften bzw. größeren Unternehmenskonsortien (in der Regel mit Sitz bzw. Firmenzentrale außerhalb Thüringens) sind.

Für den Bereich **Glas** wurden insgesamt 40 **Thüringer Unternehmen** befragt. Diese 40 Unternehmen sind der Glasherstellung zuzuordnen und sind Unternehmen aus dem Maschinen und Anlagenbau die mit der Glasindustrie verbunden sind (z.B. Hersteller von Glasschmelzöfen) und auf diese einen wesentlichen Einfluss ausüben.

Herstellung von:

- Flachglas
- Behälterglas/Hohlglas
- Faserglas
- Spezialgläser/Optik
- Schaumglas
 - 25 Unternehmen befragt (25 Unternehmen in Thüringen ansässig)
- Maschinen- und Anlagenbau für die Herstellung und Veredelung von Glas incl. spezielle Meßtechnik und Sensorik
 - Kein Unternehmen befragt (5 Unternehmen in Thüringen ansässig)
- Labore und Prüfinstitute für die spezielle Analyse von Glas
 - Kein Unternehmen befragt (2 Unternehmen in Thüringen ansässig)
- Veredler von Flachglas und Behälterglas

- 15 Unternehmen befragt (in den 15 sind die zwei Handwerksinnungen – Glaser und Glasbläser enthalten, in Thüringen sind ohne Glaser und Glasbläser 26 Unternehmen ansässig)
- Glasrecycling
 - 1 Unternehmen befragt (ist Bestandteil eines Unternehmens zur Herstellung von Behälterglas)

Von Beginn an nicht in die Befragung einbezogen wurden die Einzelunternehmen des Glashandwerks (Glaser, Glasbläser, Glasmalerei etc.). Das gesamte Glashandwerk wurde als ein „Unternehmen“ benannt, obwohl es mit 40 Unternehmen der Glaserinnung und 90 Unternehmen der Glasbläser Innung mit jeweils 2 bis 10 Beschäftigten auch eine hohe wirtschaftliche Bedeutung hat und die Tradition der Glasherstellung in Thüringen vertritt. Stellvertretend für die Unternehmen wurden die Handwerksinnungen befragt.

Von den 40 befragten Unternehmen haben 18 Unternehmen auf die Befragung geantwortet, darunter

- 4 Behälter-/Hohlglashersteller
- 8 Faserglashersteller
- 4 Spezial-/Optikglashersteller
- 2 Glasveredler

Bei der Analyse der Firmen die nicht auf die Befragung geantwortet haben fällt auf, dass dies mehrheitlich Tochterunternehmen von Beteiligungsgesellschaften bzw. größeren Unternehmenskonsortien (in der Regel mit Sitz bzw. Firmenzentrale außerhalb Thüringens) sind.

Vereinzelt wurde durch die Unternehmen, die nicht geantwortet haben, genannt, dass die Glasindustrie durch das Land Thüringen bisher keine wirtschaftliche und politische Unterstützung erhalten hat.

Die Karte der Thüringer Akteure (Partner, die an der Befragung beteiligt waren) ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

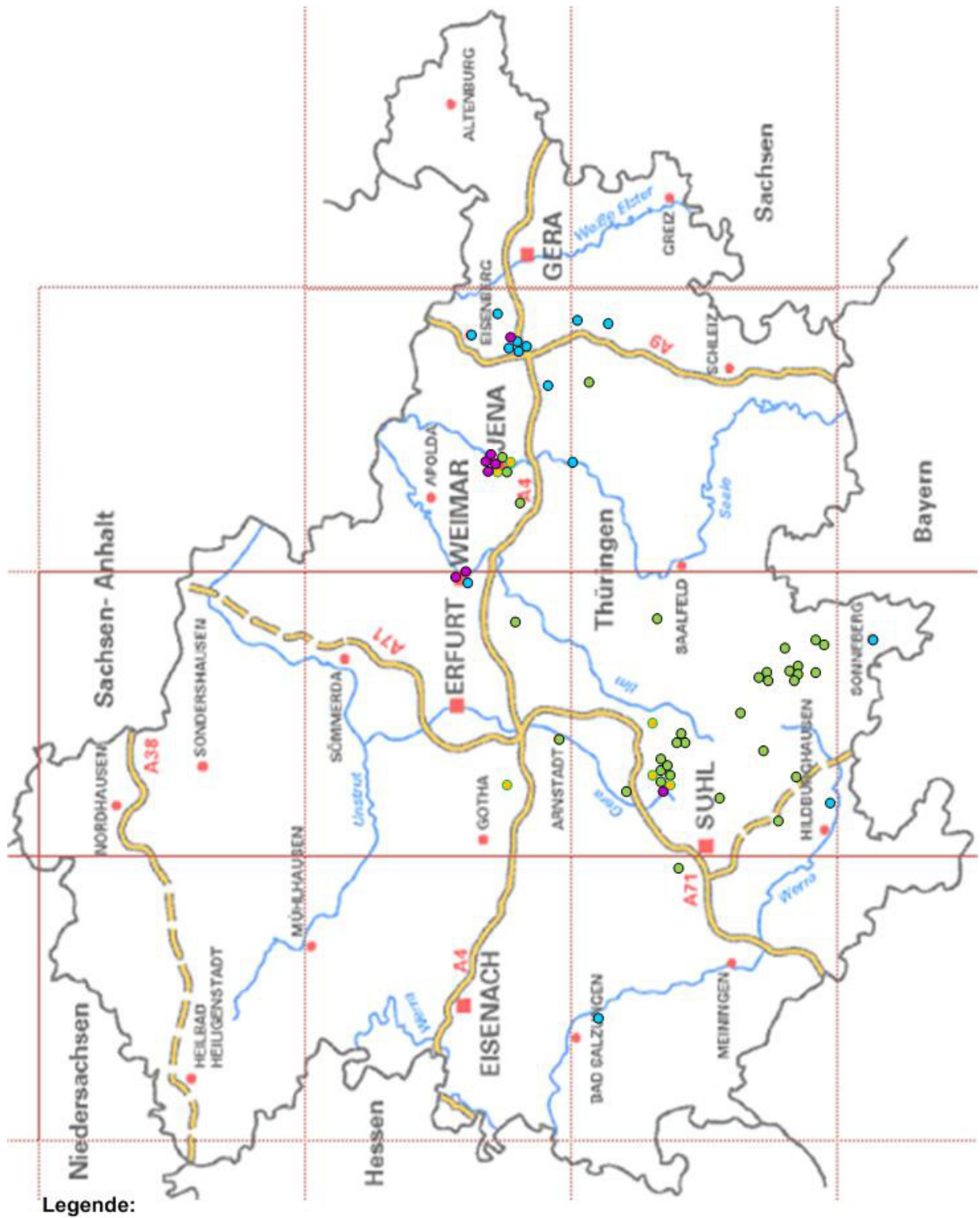


Abbildung 36: Karte der Thüringer Akteure Keramik und Glas (hier nur Teilnehmer der Befragung)

4.3. Analyse der Unternehmensdaten

Im ersten Fragenkomplex wurden die allgemeinen Unternehmensdaten wie

- Sitz des Hauptgesellschafters
- Umsatzgröße
- Anzahl der Mitarbeiter
- F/E-Anteil und
- Exportanteil

abgefragt.

Dabei wurden aus Gründen der Vertraulichkeit keine jährlichen Einzeldaten sondern die Einordnung in relevante Größenklassen zugrundegelegt.

Abbildung 32 zeigt die Verteilung des Sitzes der Hauptgesellschaftler der an der Befragung beteiligten Keramik-Unternehmen Thüringens.

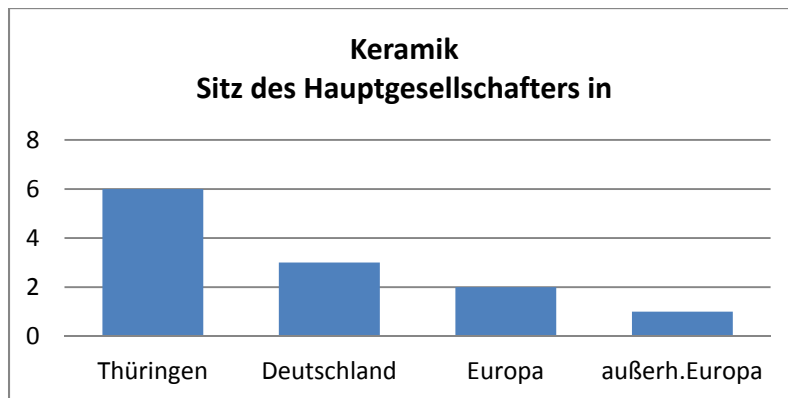


Abbildung 37: Verteilung des Sitzes der Hauptgesellschaftler der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen

Für 50 % der an der Befragung beteiligten Unternehmen hat der Hauptgesellschaftler seinen Sitz in Thüringen, weitere 25 % in Deutschland. Historisch gesehen ist diese Struktur im Wesentlichen das Ergebnis der seit 1990 vollzogenen grundhaften Restrukturierung und Anpassung der Thüringer Keramik-Industrie an die marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die Unternehmen rekrutieren sich vorrangig aus der Übernahme bzw. Neugründung und Weiterentwicklung der aus den Betrieben des früheren Kombines Keramische Werke Hermsdorf vorhandenen endogenen Potenziale.

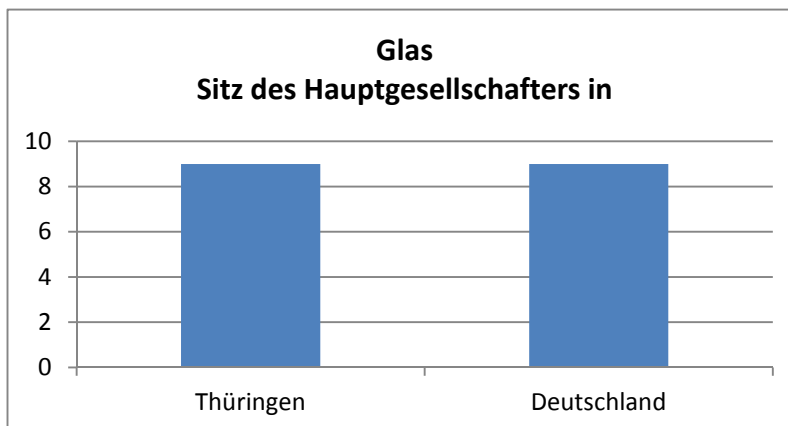


Abbildung 38: Verteilung des Sitzes der Hauptgesellschaftler der an der Befragung beteiligter Thüringer Glas-Unternehmen

Von den 18 beteiligten Glas-Unternehmen haben 9 ihren Sitz in Thüringen und 9 in Deutschland. Die vorhandene Struktur ist analog der Keramik-Industrie das Ergebnis des seit 1990 erfolgten Restrukturierungsprozesses. Die Unternehmen sind zum Großteil aus dem Kombinat Technisches Glas hervorgegangen, in dem auch die Maschinen- und Anlagenbauer integriert waren.

Die Verteilung der Größenklassen der Thüringer Keramik-Unternehmen nach Umsatz zeigt die Abbildung 39.

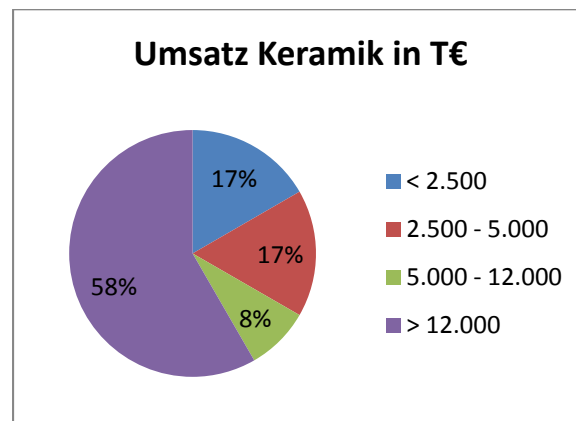


Abbildung 39: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Umsatzklassen

Immerhin sind 58 % der an der Umfrage beteiligten Unternehmen der Umsatzgrößenklasse > 12 Mio. € zuzuordnen, wobei die Einzelumsätze z. T. weit über 12 Mio. € (20...50 Mio. €) rangieren. Weitere 8 bzw. 17 % haben Umsätze zwischen 5 und 12 bzw. 2,5 und 5 Mio. €. Nur 17 % haben als kleine Unternehmen einen Umsatz unter 2,5 Mio. €.

Für die Glas-Unternehmen sind die Ergebnisse in Abbildung 40 dargestellt.

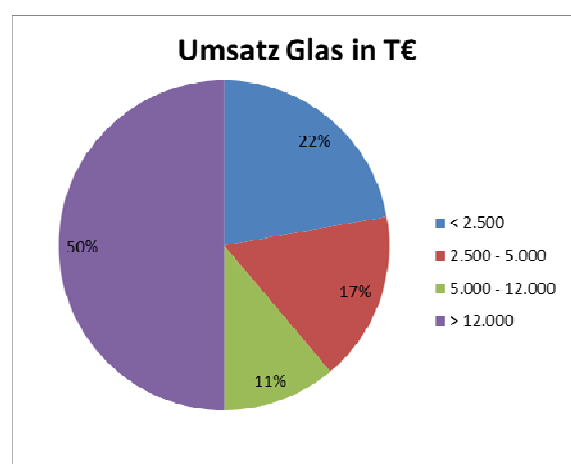


Abbildung 40: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen nach Umsatzklassen

50% der beteiligten Glas-Unternehmen sind der Umsatzgrößenklasse >12 Mio. € zuzuordnen, 11% haben Umsätze zwischen 5 und 12 Mio. € und 17% zwischen 2,5 bis 5 Mio. €. 22% der Kleinunternehmen haben Umsätze < 2,5 Mio. €.

Naturngemäß vergleichbar ist die Struktur der Mitarbeitergröße wie in den Abbildungen 41 und 42 dargestellt.

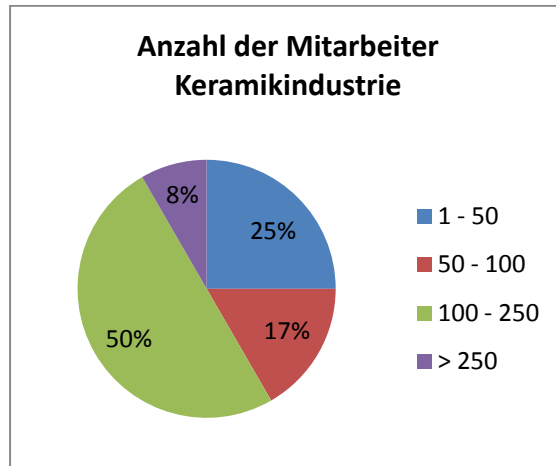


Abbildung 41: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Mitarbeiterzahl

Entsprechend der jeweiligen Produktivität der einzelnen Unternehmen sind 50 % in die Klasse 100 bis 250 Mitarbeiter einzuordnen. Nur 8 % haben mehr als 250 Mitarbeiter. 17 % haben 50 bis 100 Mitarbeiter und immerhin 25 % sind kleine Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

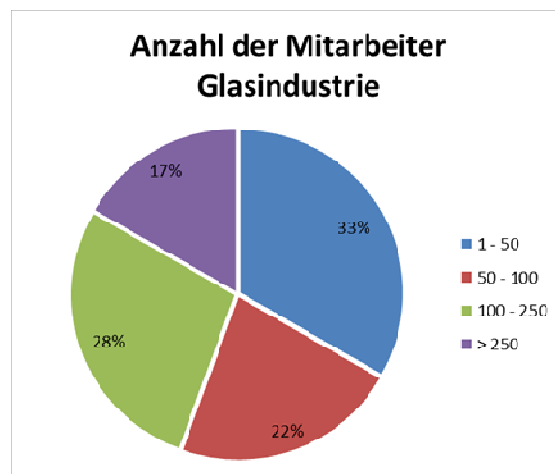


Abbildung 42: Verteilung der Größe der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen nach Mitarbeiterzahl

Entsprechend der jeweiligen Produktivität der einzelnen Glas-Unternehmen sind 28 % in die Klasse 100 bis 250 Mitarbeiter einzuordnen. 17% haben mehr als 250 Mitarbeiter. 22% haben 50 bis 100 Mitarbeiter und über 33 % sind kleine Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

Den F/E-Anteil der an der Umfrage beteiligten Keramik-Unternehmen zeigt die folgende Abbildung 43.

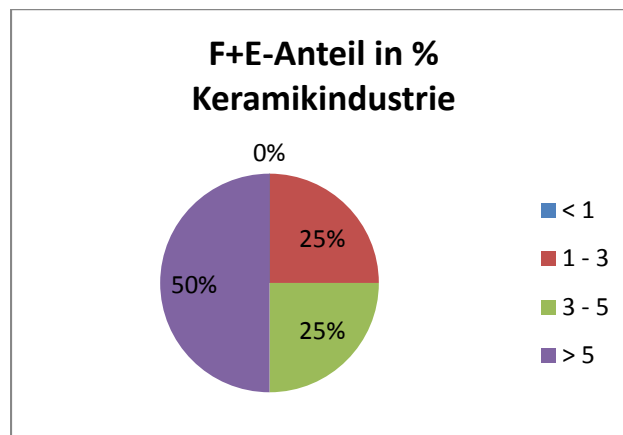


Abbildung 43: Verteilung des F/E-Anteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen

In Anbetracht der Tatsache, dass im Jahre 2010 in Deutschland in der WZ 23 durchschnittlich 2,6 % des Umsatzes für Innovationsprojekte ausgegeben wurden (siehe 4.1.), sind die Ergebnisse durchaus beeindruckend:

75 % der an der Befragung beteiligten Unternehmen haben einen überdurchschnittlichen F/E-Anteil von > 3 %, 50 % liegen sogar über 5 %. Das verbleibende restliche Viertel hat 1 – 3 %. Wie in den späteren detaillierten Untersuchungen noch näher herausgearbeitet werden wird, zeigt sich schon hier die Tatsache, dass ein Großteil der in Thüringen ansässigen Keramik-Unternehmen als hoch spezialisierte Anbieter von z. T. kundenspezifischen maßgeschneiderten Produkten und Lösungen diese Position nur mit einem überdurchschnittlichen hohen F/E-Aufwand realisieren und dadurch ihre Wettbewerbsposition sichern können.

Den F/E-Anteil der an der Umfrage beteiligten Glas-Unternehmen zeigt die folgende Abbildung 44.

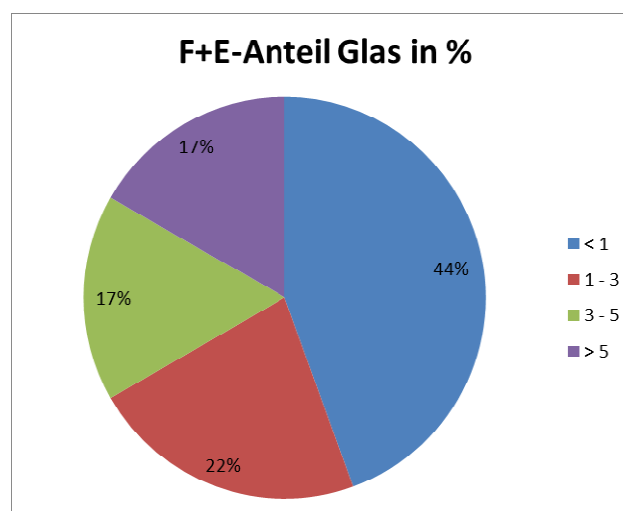


Abbildung 44: Verteilung des F/E-Anteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen

Im Gegensatz zur Keramik ist der Anteil der Unternehmen, die einen F/E-Anteil von > 5% vom Umsatz haben geringer. Die Unternehmen mit hohen Umsätzen in Massenmärkten bewegen sich statistisch im Bereich von 1 bis 3% und entsprechen so dem Durchschnitt der WZ23.

Korrelierend zeigt sich auch das Ergebnis im Hinblick auf die Exportquote für die Keramik-Unternehmen in Abbildung 45.

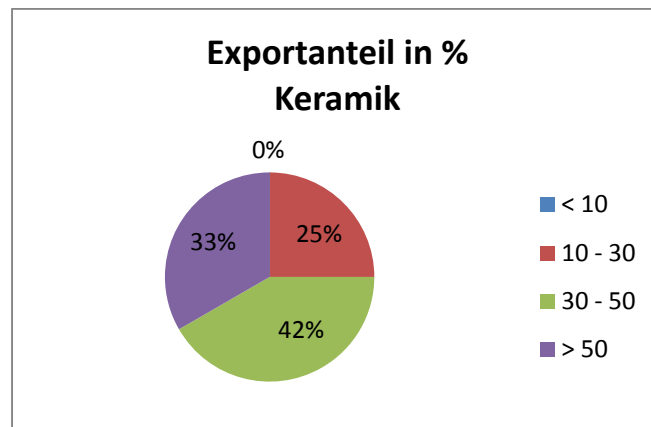


Abbildung 45: Verteilung des Exportanteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen

Während hier die Durchschnittsquote der Keramikindustrie (WZ 23) in Thüringen bei 23,4 (und auch für die gesamte BRD nur bei 23,9 %) liegt (siehe 4.1.), weisen die an der Befragung beteiligten Unternehmen Thüringens zu 75 % eine Exportquote von über 30 % und ein Drittel sogar über 50 % aus. Das restliche Viertel hat immerhin auch eine Exportquote zwischen 10 und 30 %.

Dieser Befund korreliert ebenso mit der hohen F/E-Quote und zeigt, dass der Grad an Spezialisierung und Kundenorientierung basierend auf hohem F/E-Aufwand nicht nur Wachstum im Inland, sondern vor allem auch die Erhöhung des Exportanteils bewirkt.

Ähnlich zeigt sich auch das Ergebnis im Hinblick auf die Exportquote – Glas in Abbildung 46.

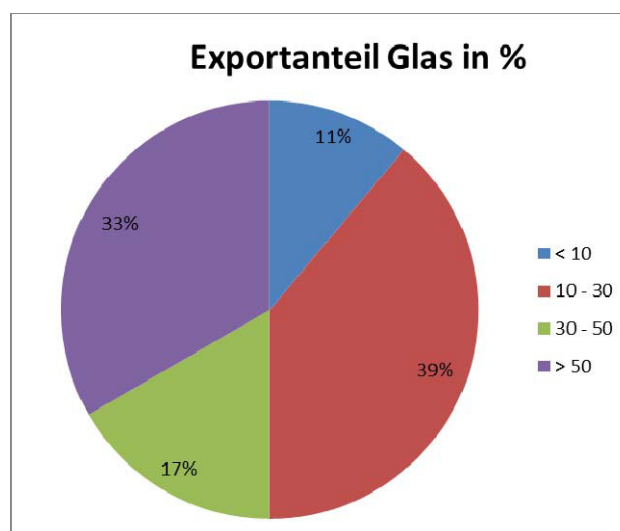


Abbildung 46: Verteilung des Exportanteils der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen

Deutschland hat 2011 Glas Produkte im Wert von 9.131.000€ produziert. Davon wurden 54% exportiert. Entsprechend Abbildung 36 liegt Thüringen mit dem Anteil des Exports in Summe

auch bei 50% (33% der Unternehmen exportieren über 50% und 17% der Unternehmen zwischen 30 und 50%).

4.4. Analyse der Produktsegmente nach Anwendungsfeldern

In einem zweiten Fragenkomplex wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Struktur der Verteilung ihrer jeweiligen Produktsegmente nach den Anwendungsfeldern

- Automotive
- Energie
- Umwelt
- MedTech
- MAB (Maschinen- und Anlagenbau)
- EETOP (Elektrik, Elektronik, Telekommunikation, Optik, Präzision)
- Consumer
- Bau
- Sonstige

hinterfragt. Das Ergebnis für die Keramik-Unternehmen ist in Abbildung 47 zusammengefasst.

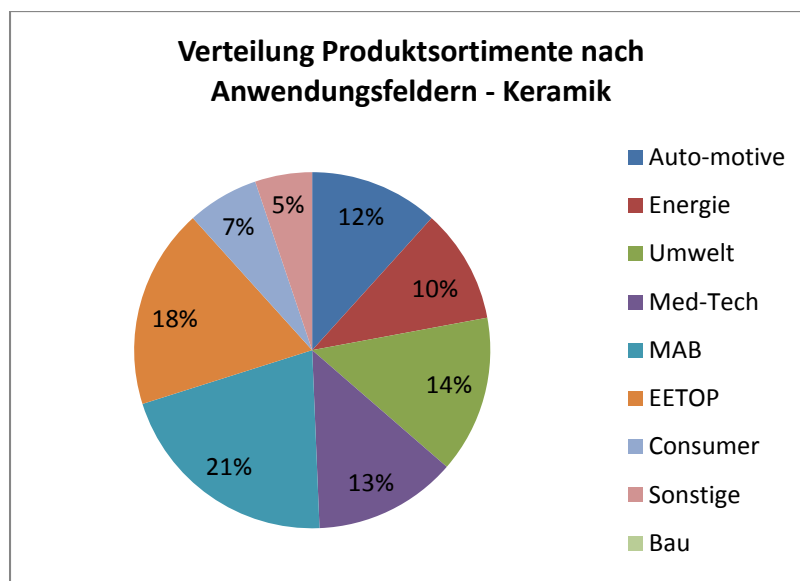


Abbildung 47: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen, nicht nach Umsatz)

Im Ergebnis findet man einen breit verteilten, im Ergebnis der Restrukturierungsprozesse sehr stark ausdifferenzierten Produktmix mit hohem Spezialisierungsgrad der einzelnen Unternehmen, wobei nahezu alle relevanten Zukunftsbranchen (siehe Analyse der Roadmaps unter 3.) bedient werden. Auf Grund der Spezialisierung (z. B. Hersteller von Ferriten, Piezokeramik und Aktoren, Oxidkeramik, Biokeramik, Keramikmembranen) hält sich der Wettbewerb unter den thüringischen Keramikfirmen in Grenzen (anders als z. B. in der Kunststoffbranche), da infolge der hohen Spezifik von Know-how, Technologien und Ausrüstungen kaum eine Austauschbarkeit möglich ist.

Der Schwerpunkt der Anwendungsfelder der Thüringer Keramikhersteller liegt mit 21 % im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus (hier z. B. vor allem Verschleißanwendungen), gefolgt von EETOP mit 18 % (z. B. Vielzahl von Funktionskeramiken und Präzisionsanwendungen). Es folgen die Anbieter von MedTech-Produkten mit 13 % (Keramik-Implantate, aber auch mikroelektronische Komponenten). Energie- und Umweltsanwendungen machen bereits heute 24 % der Anwendungen thüringischer Keramikprodukte aus, Automotive nur 12 %. Sonstige betreffen z. B. die Lebensmittelindustrie.

Wie oben schon erwähnt finden sich auf Grund der Struktur der befragten Unternehmen hier keine Bauanwendungen.

Ähnlich breit verteilt sind die Anwendungsfelder der Glasindustrie, wie in Abbildung 48 dargestellt.

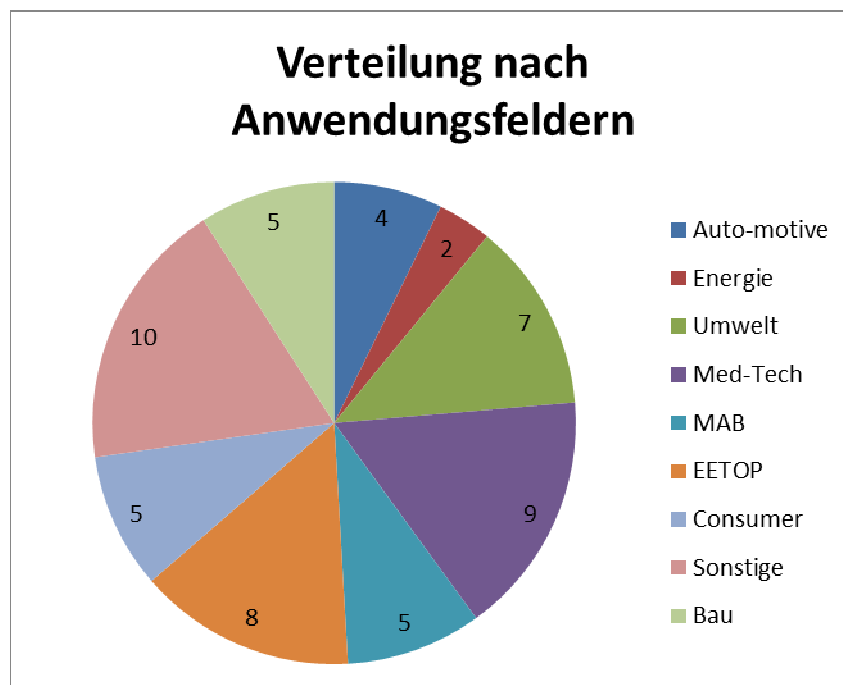


Abbildung 48: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen, nicht nach Umsatz)

Im Unterschied zur Keramik ist „Bau“ in der Übersicht notwendig enthalten. Hier gehen die Produkte Glasfasern und Glasschäume für Dämm-Materialien ein. Diese spielen auch im später beschriebenen Schwerpunkt Recycling eine wichtige Rolle.

Zählt man Energie und Umwelt zusammen ergibt sich bzgl. der Anwendungsfelder eine relative Gleichverteilung. Es ist kein Anwendungsfeld erkennbar, das eine beherrschende Rolle einnimmt. Damit wird Glas der Rolle einer Querschnittstechnologie gerecht.

Die zusammenfassende Verteilung der einzelnen Keramik-Produktgruppen auf die Anwendungsbranchen zeigt Abbildung 49.

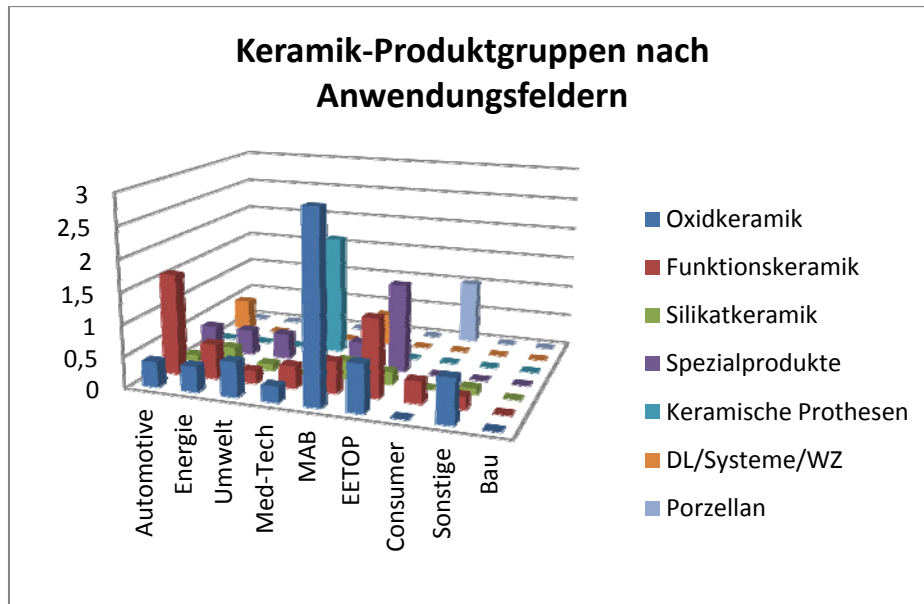


Abbildung 49: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen, nicht nach Umsatz)

Die zusammenfassende Verteilung der Glas-Produktgruppen auf die Anwendungsfelder zeigt Abbildung 50.

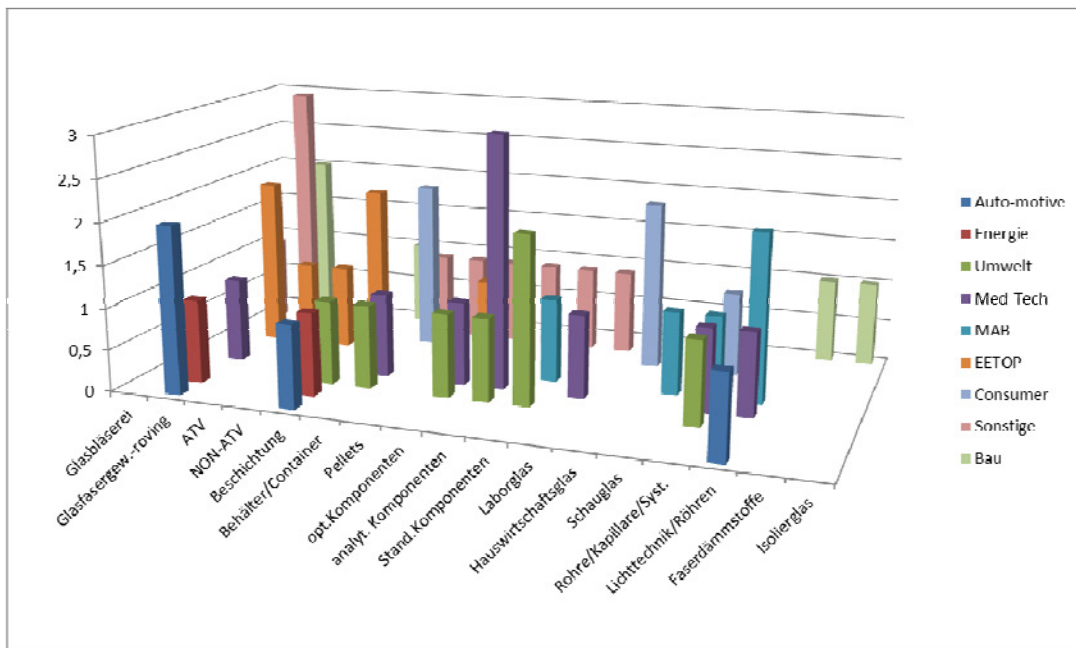


Abbildung 50: Verteilung der Produktsegmente der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen in den einzelnen Anwenderbranchen (nach Nennungen, nicht nach Umsatz)

4.5. Markt- und Wettbewerbsposition nach Produktsegmenten

In diesem Fragenkomplex wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Markt- und Wettbewerbsposition sowie die Positionierung im Produktlebenszyklus für die jeweiligen

Produktsegmente hinterfragt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

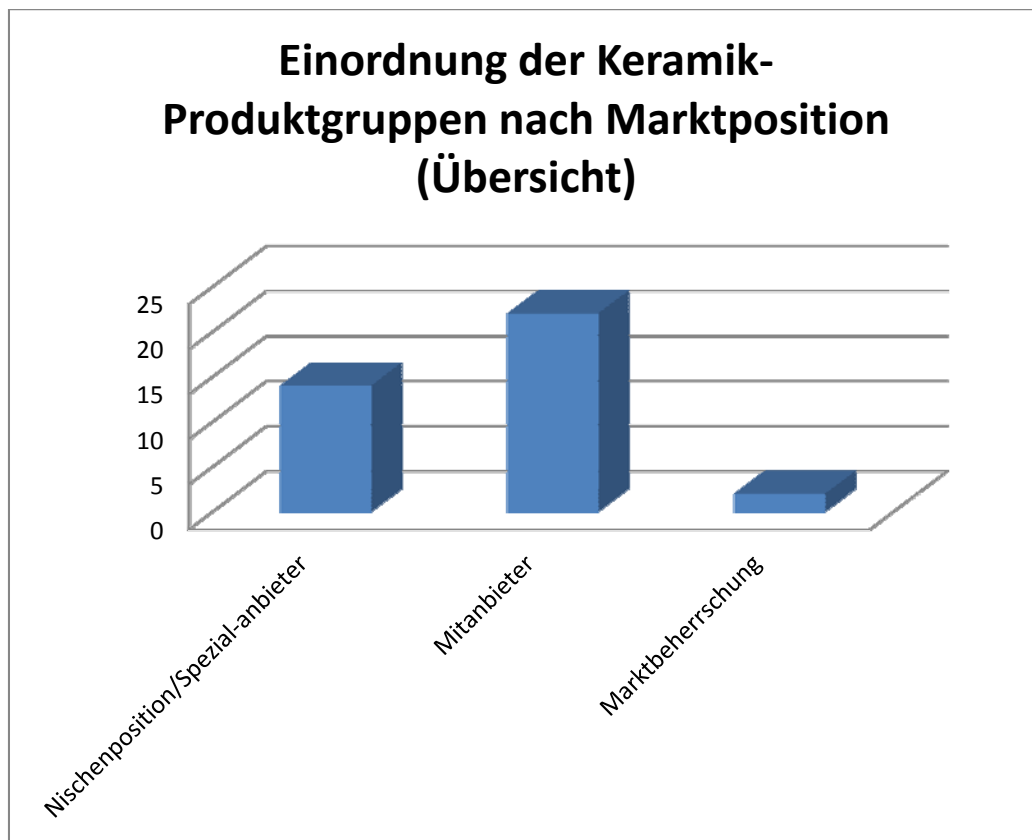


Abbildung 51: Einordnung der Keramik-Produktgruppen der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Marktposition (Übersicht)

Die Übersicht in Abbildung 52 zeigt, dass für die Mehrheit der Produktgruppen die Unternehmen als Mitanbieter positioniert sind. Gleichzeitig ist es den Firmen in den vergangenen Jahren gelungen, sich bei bestimmten Kunden bzw. in speziellen Marktsegmenten als Spezial- bzw. Nischenanbieter zu profilieren. Eine enge Kundenbindung kann unter Umständen zu strategischen Partnerschaften führen, während eine Mitanbieterposition in großvolumigen Marktsegmenten in der Regel zu hohem Wettbewerbs- und damit Preisdruck führt. Einigen wenigen Herstellern in Thüringen ist es gelungen, sich insbesondere durch hohe Innovationsanstrengungen in bestimmten Produkt- und Marktsegmenten eine marktdominierende Rolle zu erarbeiten (Keramische Schultergelenke, piezokeramische Aktuatoren). Die Details nach Produktgruppen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Keramik-Produktgruppen nach Marktposition Details

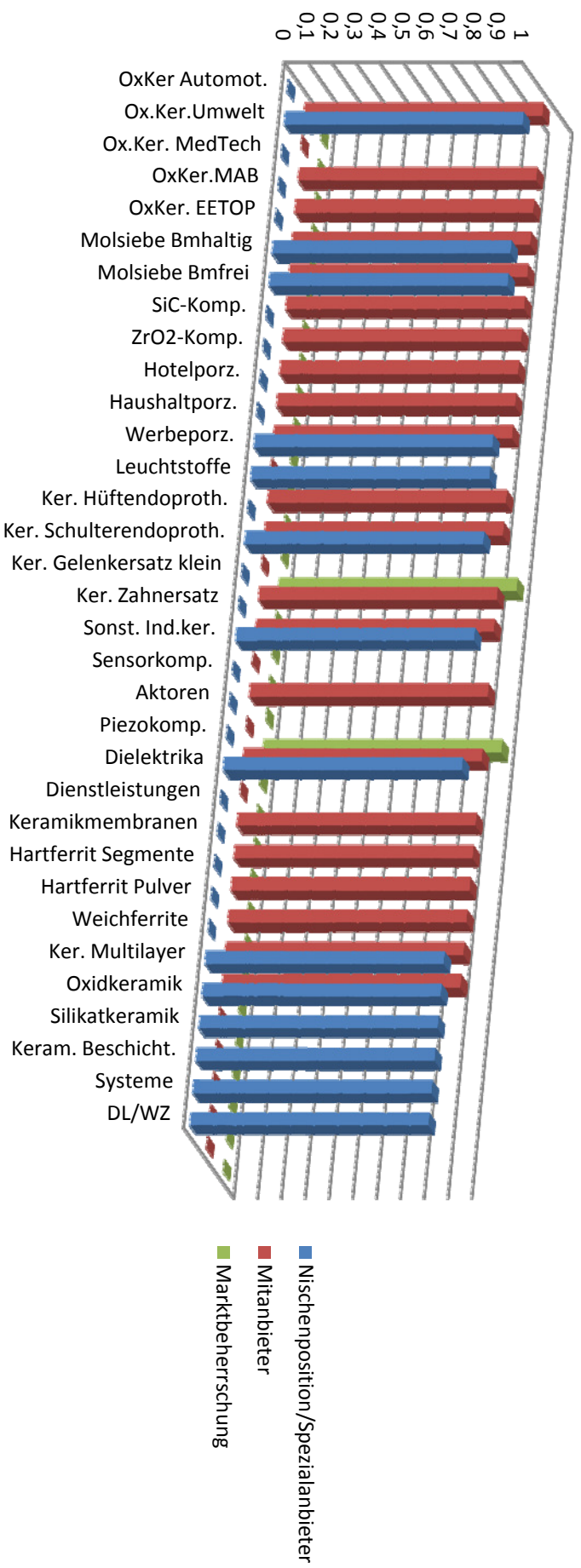


Abbildung 52: Marktposition der Produktgruppen der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen

Für die Glasindustrie wird die Marktposition der Produktgruppen von den an der Befragung beteiligten Unternehmen gemäß folgender Abbildung eingeschätzt.

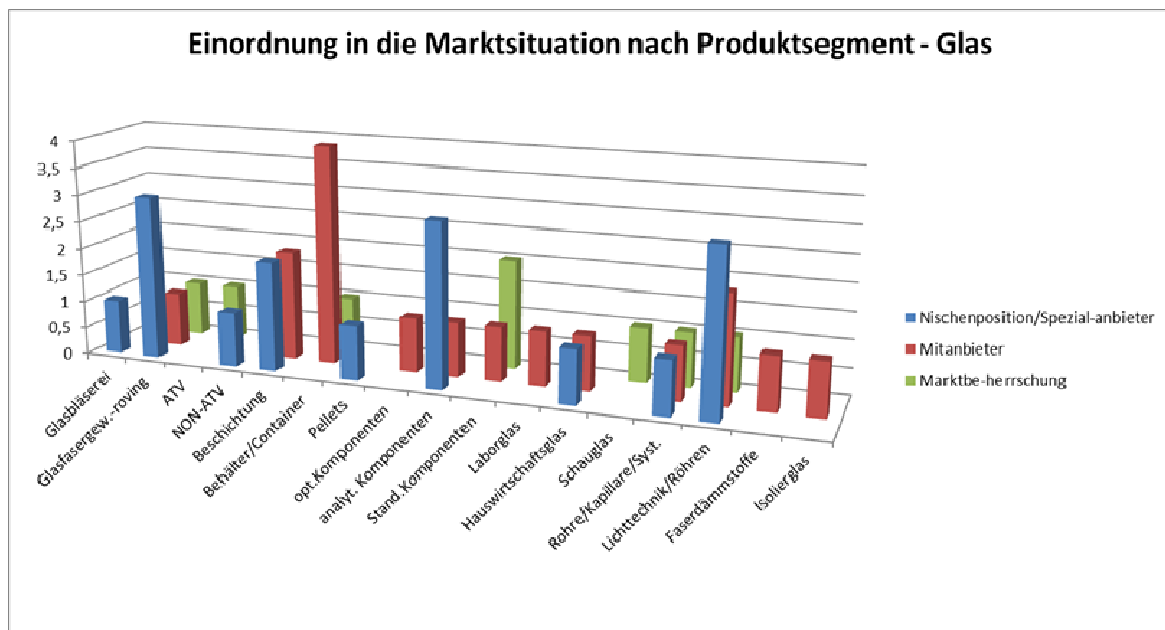


Abbildung 53: Marktposition der Produktgruppen der an der Befragung beteiligten Thüringer Glas-Unternehmen

Von den 18 Unternehmen wurden 8 Produktgruppen in einer marktbeherrschenden Position platziert. 17 Produktgruppen wurden als „Mitanbieter“ und 16 als Nischenprodukte platziert.

Betrachtet man die Produktgruppen nach ihrer Position im Produktlebenszyklus (Übersicht in Abbildung 54) so stellt man fest, dass ein nicht unerheblicher Teil der Produkte in der Reifephase (Mee-To) bzw. sogar in der Sättigungsphase befindet, was naturgemäß zu erheblichem Wettbewerbs- und zunehmendem Preisdruck führt. Andererseits kann die Positionierung in einem reifen Basismarkt auch eine wichtige Säule für die Auslastung von Fertigungskapazitäten insbesondere in größeren Unternehmen sein.

Als wichtiges und signifikantes Ergebnis kann erfreulicherweise konstatiert werden, dass die Unternehmen zunehmend Anstrengungen unternehmen, auf Basis von Innovationen in neue Märkte vorzudringen und damit eine wichtige Voraussetzung für zukünftiges Wachstum zu schaffen. Dabei gehen einzelnen Unternehmen auch den Weg zunehmender Wertschöpfung durch Systemlösungen bzw. Dienstleistungen. Die Details dazu finden sich in Abbildung 50.

Ähnlich stellt sich die Situation auch für die Glasindustrie dar.

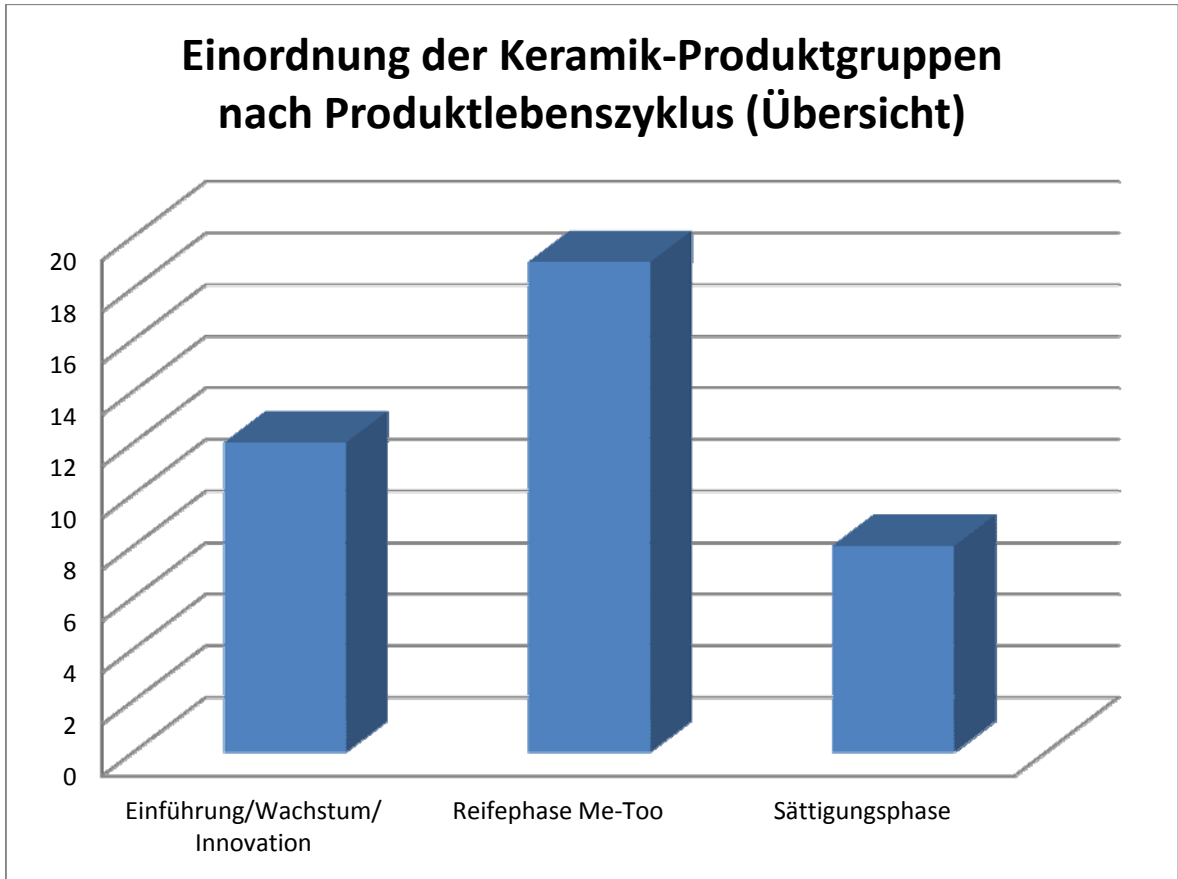


Abbildung 54: Produktgruppen nach ihrer Position im Produktlebenszyklus (Übersicht)

Keramik-Produktgruppen nach Produktlebenszyklus Details

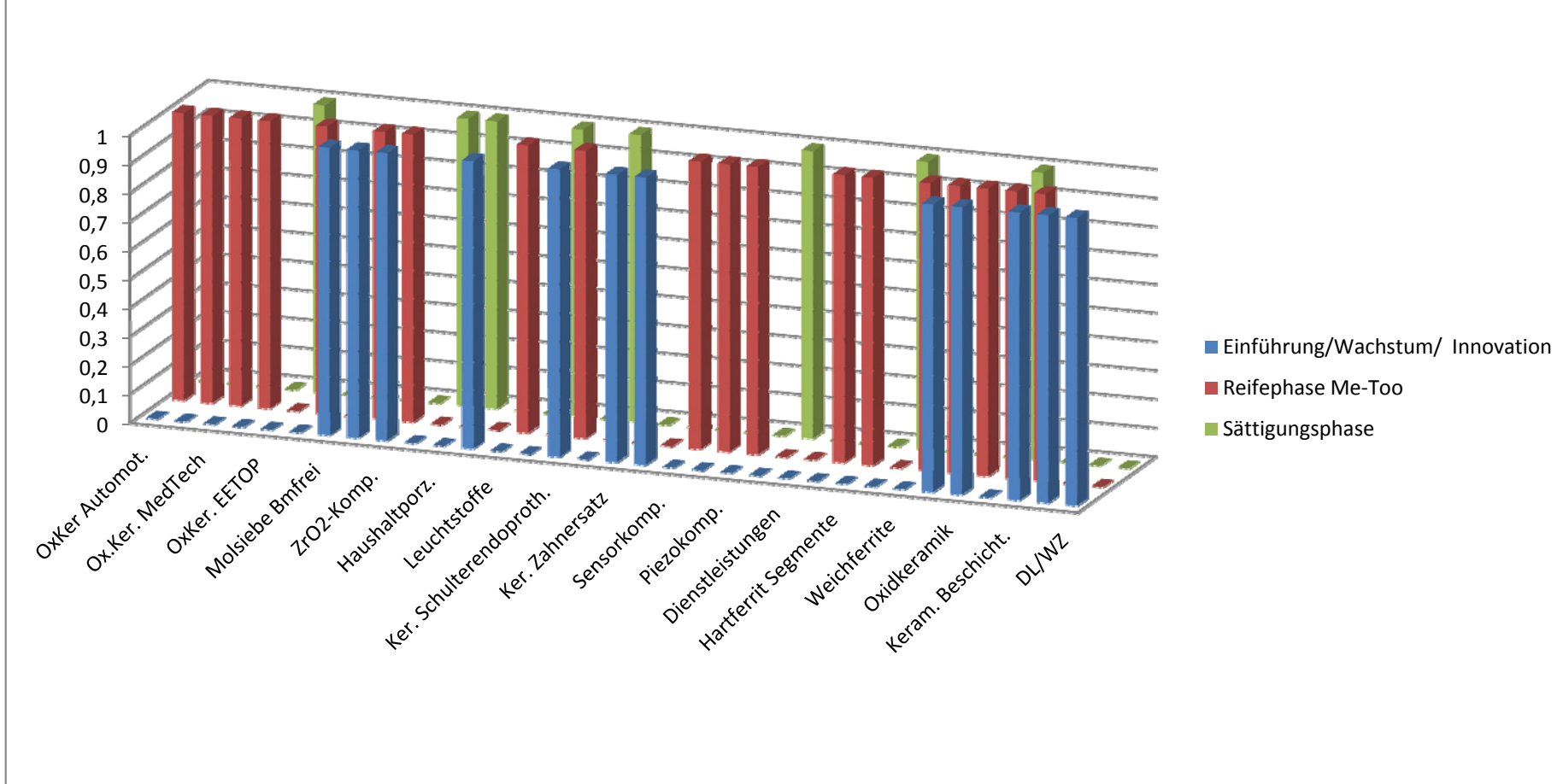


Abbildung 55: Keramik-Produktgruppen der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Produktlebenszyklus

Einordnung in den Produktlebenszyklus nach Produktsegment - Glas

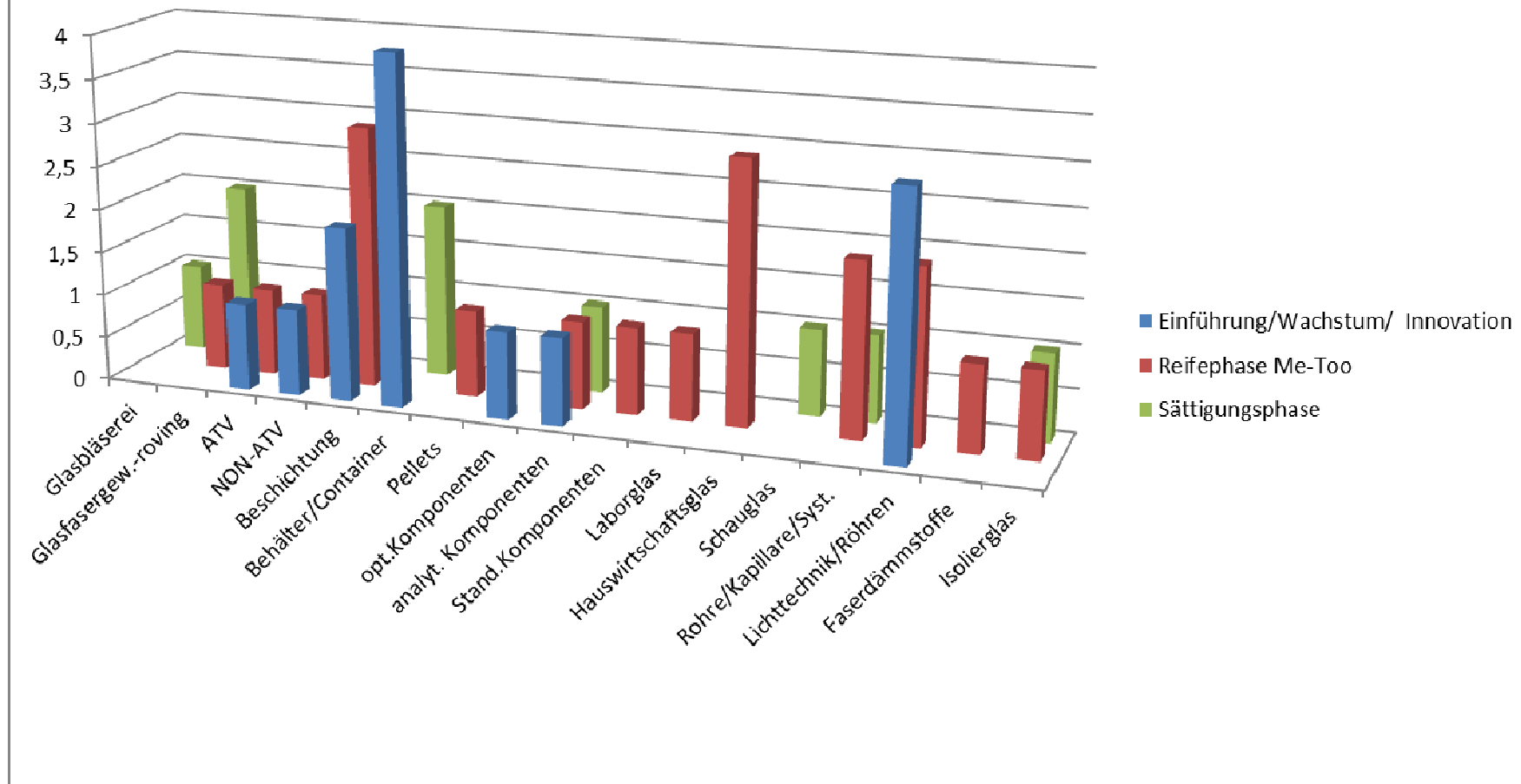


Abbildung 56: Glas-Produktgruppen der an der Befragung beteiligten Thüringer Keramik-Unternehmen nach Produktlebenszyklus

4.6. Analyse der Wertschöpfungsketten

Die Ergebnisse der an der Befragung beteiligten Unternehmen im Hinblick auf die Frage, in welcher Region die nächste Wertschöpfungsstufe erfolgt sind in der folgenden Abbildung 57 zusammengefasst.

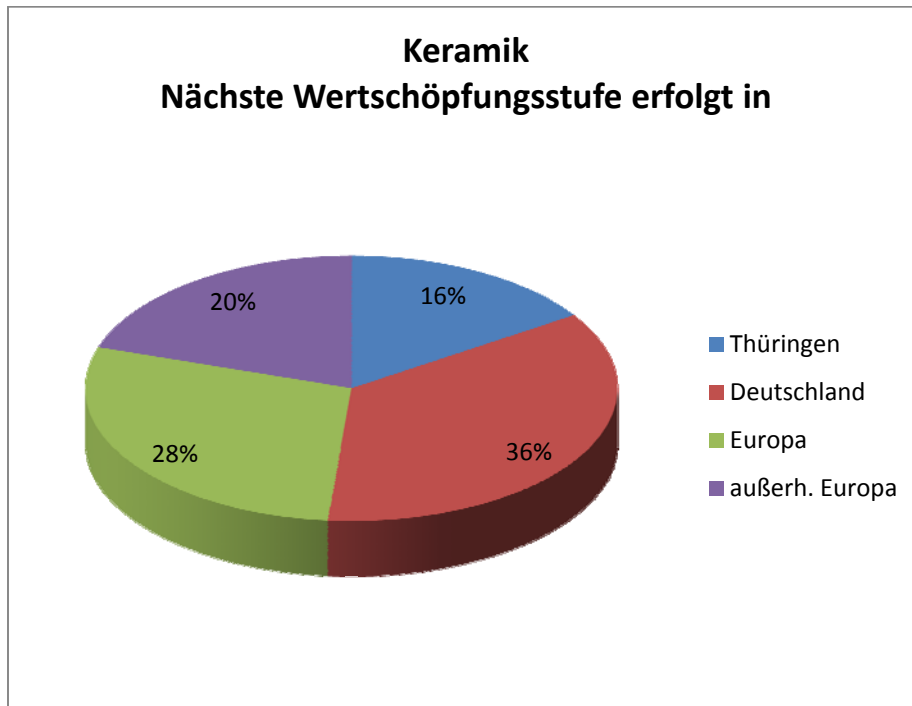


Abbildung 57: Verwertung keramischer Produktgruppen entlang der WS-Kette nach Regionen

In Analogie zu den Ergebnissen bzgl. Exportquote (siehe 4.3.) findet man, dass für 48 % der Produktsegmente die nächste Wertschöpfungsstufe in Europa bzw. außerhalb Europas erfolgt. Das spricht zunächst für die bereits erreichte Internationalisierung sowie den Spezialisierungsgrad (z. T. Alleinstellungsmerkmale) der Produkte. In Deutschland insgesamt werden 52 % der Produkte weiterverarbeitet, in Thüringen aber nur 16 %, was bedeutet, dass das Vernetzungspotenzial entlang der WS-Kette in Thüringen aus aktueller Sicht nicht sehr hoch ist. Allerdings bietet der auf nationaler Ebene erreichte Vernetzungsgrad eine gute Basis für weiteres Wachstum, wenn es gelingt, gemeinsam mit und für Kunden zukunftsorientierte Entwicklungen neuer Produkte, Spezifikationen oder Systemlösungen zu betreiben (zu strategischen Optionen siehe unter 6.)

In der nachfolgenden Grafik ist die Verteilung der Wertschöpfung sehr vergleichbar zur Keramik erkennbar.

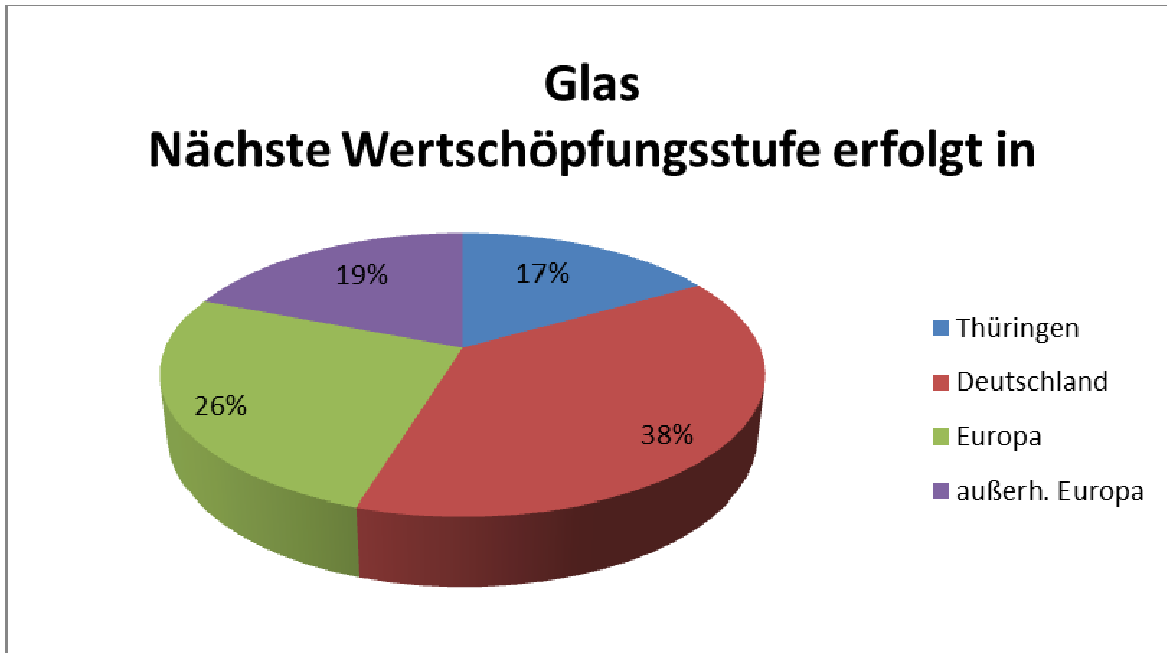


Abbildung 58: Verwertung Glas - Produktgruppen entlang der Wertschöpfungskette-Kette nach Regionen

4.7. Wachstumspotenziale/F/E-Aktivitäten/Investitionen nach Anwendungsfeldern

In diesem Fragenkomplex wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Wachstumspotenziale für ihre jeweiligen Produkt- und Marktsegmente sowie geplante F/E-Aktivitäten und Investitionen erfragt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

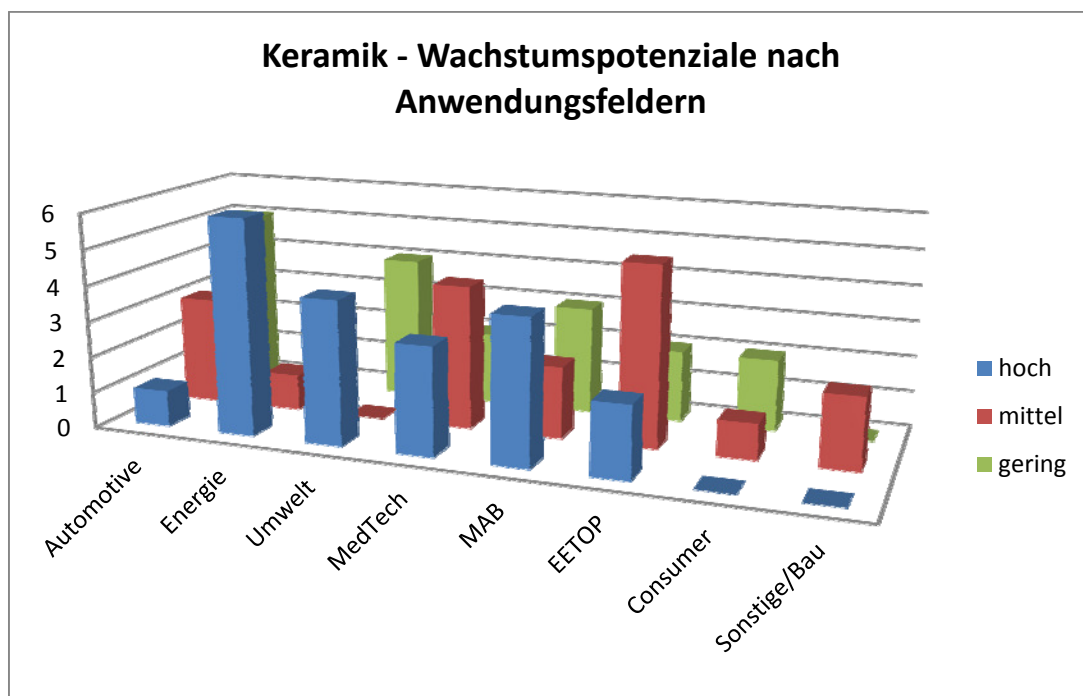


Abbildung 59: Wachstumspotenziale für Keramik nach Anwendungsfeldern

Die Ergebnisse müssen zunächst vor dem Hintergrund der bereits mehrfach erwähnten Differenzierung und Spezialisierung der Thüringer Keramik-Unternehmen betrachtet werden. So sind z. B. naturgemäß für ein Unternehmen mit Fokus biokeramischer Medizinprodukte andere Anwendungsfelder von geringer bzw. ohne Bedeutung, während im Umkehrschluss für Unternehmen, die nicht im Biokeramik-Markt aktiv sind, dieses Feld keine bzw. kaum Bedeutung hat.

Unabhängig davon zeigt die Abbildung 60, dass die Unternehmen den Wachstumspotenzialen in den Bereichen Energie, Umwelt und MAB hohe Bedeutung beimessen, gefolgt von MedTech und EETOP. Da die subjektive relative Bewertung durch die beteiligten Unternehmer differenziert ist (insbesondere die Klassifizierung „hoch“ vs. „mittel“), wurden in einer „geschärften“ Version diese beiden Kategorien zusammengefasst (Abbildung 60b), wodurch die signifikante Bedeutung der Felder Energie, MedTech, MAB und EETOP für die Zukunft der Unternehmen noch hervorgehoben wird. Automotive und Umwelt rangieren erst auf den darauffolgenden Plätzen.

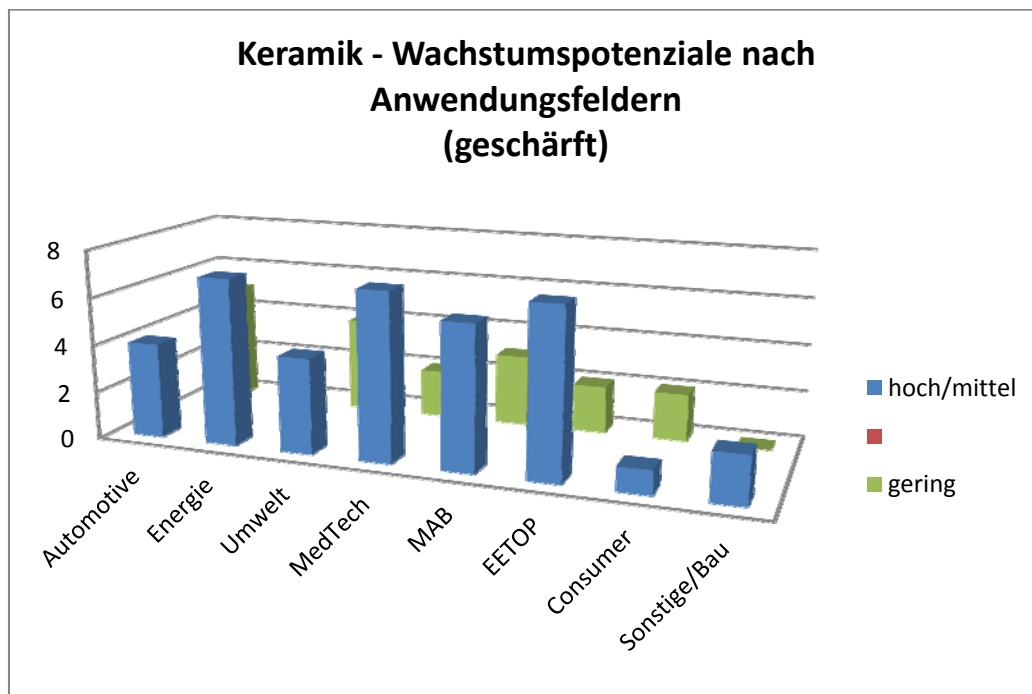


Abbildung 60: Wachstumspotenziale für Keramik nach Anwendungsfeldern (geschärft)

Bei den geplanten F/E-Aktivitäten dominieren im Bereich Keramik konsequenterweise die Anwendungsfelder MedTech, MAB und EETOP gefolgt von Energie, erst danach folgen Automotive und Umwelt (siehe Abbildung). Die Tatsache, dass die Investitionen hinsichtlich der Zuordnung zu den Wachstumsfeldern nicht vollständig konform gehen, kann damit erklärt werden, dass Wachstum durchaus ohne Investitionen auf vorhandenen Anlagen allein durch F/E (z. B. Entwicklung neuer Spezifikationen auf Grundlage einer Basistechnologie) möglich ist, in anderen Fällen jedoch in neue bzw. zusätzliche technologische Ausrüstungen investiert werden muss.

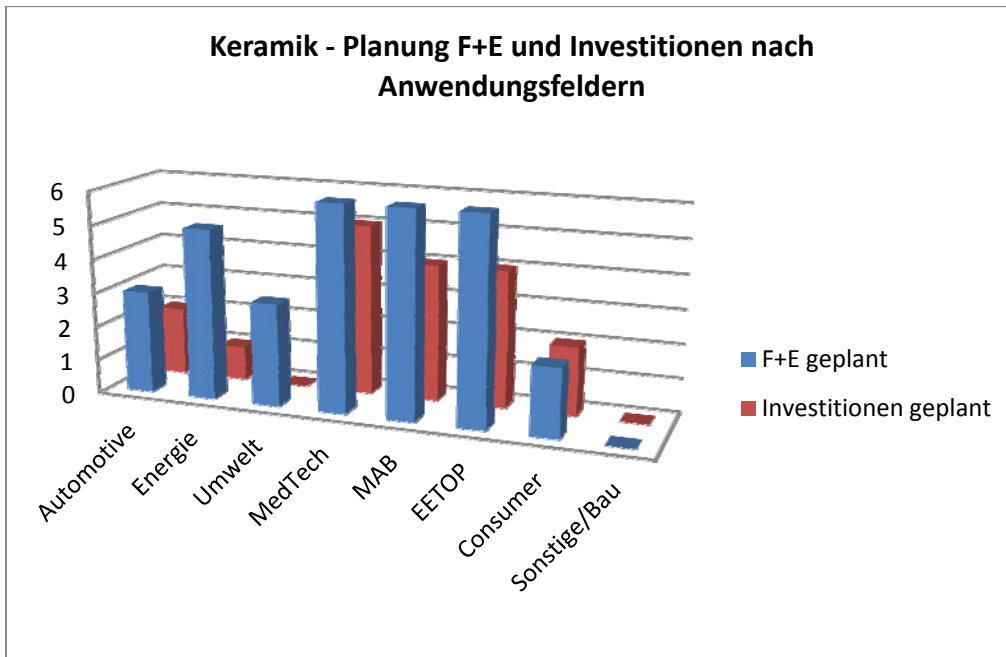


Abbildung 61: Geplante F/E und Investitionen für Keramik-Produkte nach Anwendungsfeldern

Für die Glasindustrie stellt sich die Situation spezifisch wie folgt dar:

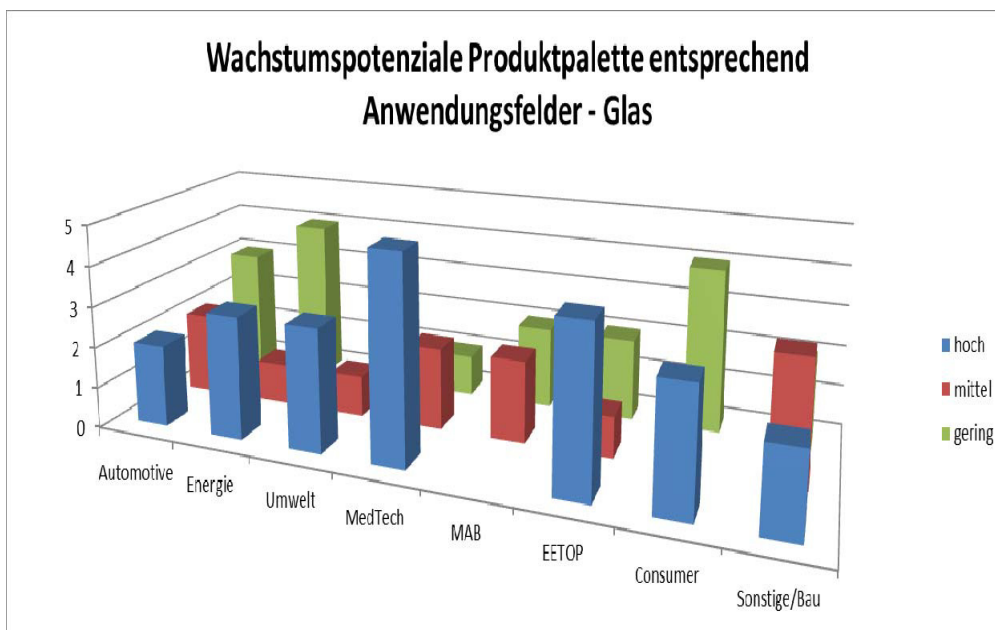


Abbildung 62: Wachstumspotenziale für Glas nach Anwendungsfeldern

Die befragten Glasunternehmen sehen sich in ihren Anwendungsfeldern ein hohes Wachstumspotential. Der Maschinen- und Anlagenbau schneidet in dieser Position schlecht ab. Aus unserer Sicht ist darin die beginnende Abwanderung der Glasindustrie aus Deutschland zu erkennen. Der MAB für die Glasindustrie ist hoch spezialisiert und ohne die Glasindustrie nicht wachstumsfähig. Das heißt die Glasindustrie, die durch den Thüringer Maschinen-Anlagenbaubau bedient wird, wird durch die Maschinen- und Anlagenbauer in Zukunft in Thüringen nicht mehr vermutet.

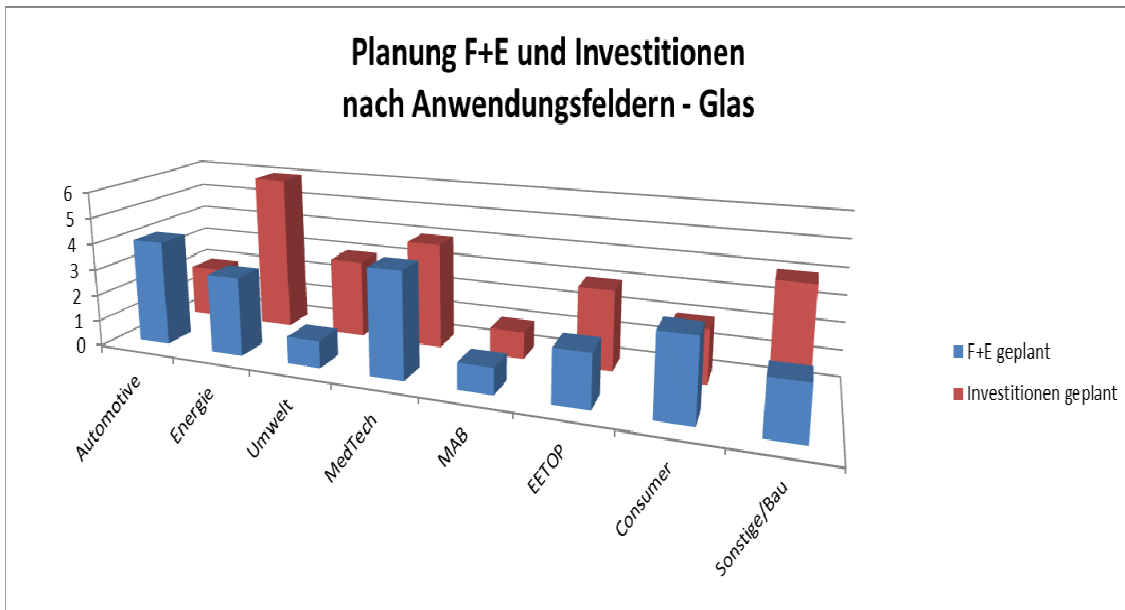


Abbildung 63: Geplante F/E und Investitionen für Glas-Produkte nach Anwendungsfeldern

4.8. Bewertung der Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten

Um unabhängig von den unternehmensspezifischen Werkstoffklassen, Produktgruppen und Technologien und unter Berücksichtigung wichtiger Technologietrends übergreifende Aspekte bewerten zu können wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Relevanz der folgenden Querschnittsaspekte hinterfragt:

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung
- Nanotechnologieimplementierung
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit
- Ressourceneffizienz
- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

Bei der Analyse der Daten zeigt sich zunächst ein relativ uneinheitliches Bild, was wiederum durch den hohen Differenzierungsgrad der Unternehmen bzgl. ihrer Materialien und Produktgruppen bedingt ist. So spielen z. B. die Aspekte der Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung bzw. Nanotechnologieimplementierung für einen Hersteller von Magnetkeramiken derzeit eine eher geringe Rolle, während die Relevanz für einen Biokeramik-Hersteller durchaus hoch bzw. mittel eingeschätzt wird.

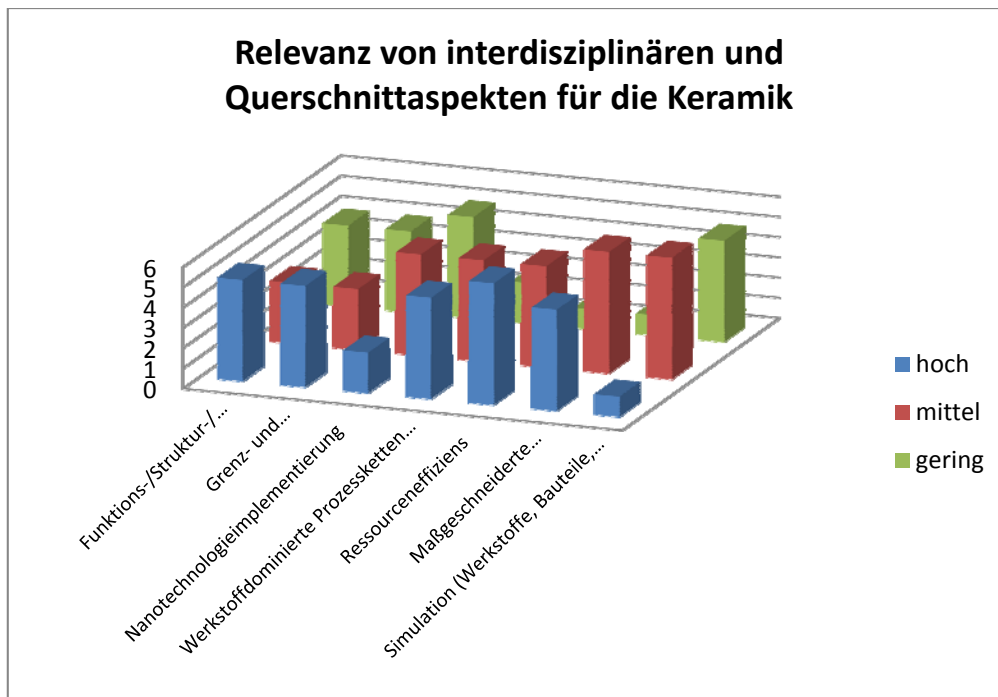


Abbildung 64a: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für die Keramik

Um die Aussagekraft zu schärfen wurden wie unter 4.7. die Bewertungsklassen hoch und mittel zusammengefasst, was in der folgenden Abbildung gezeigt ist.

In dieser Darstellung wird ein klares Ranking sichtbar; es dominieren ganz klar die Aspekte

- Ressourceneffizienz
- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese und
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit

gefolgt von

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride und
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung.

Die aktuell noch eher im Stadium der Forschung und Entwicklung bearbeiteten Aspekte

- Nanotechnologieimplementierung und
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

werden aus Sicht der Unternehmen aktuell in der Regel noch mit geringerer Relevanz bewertet.

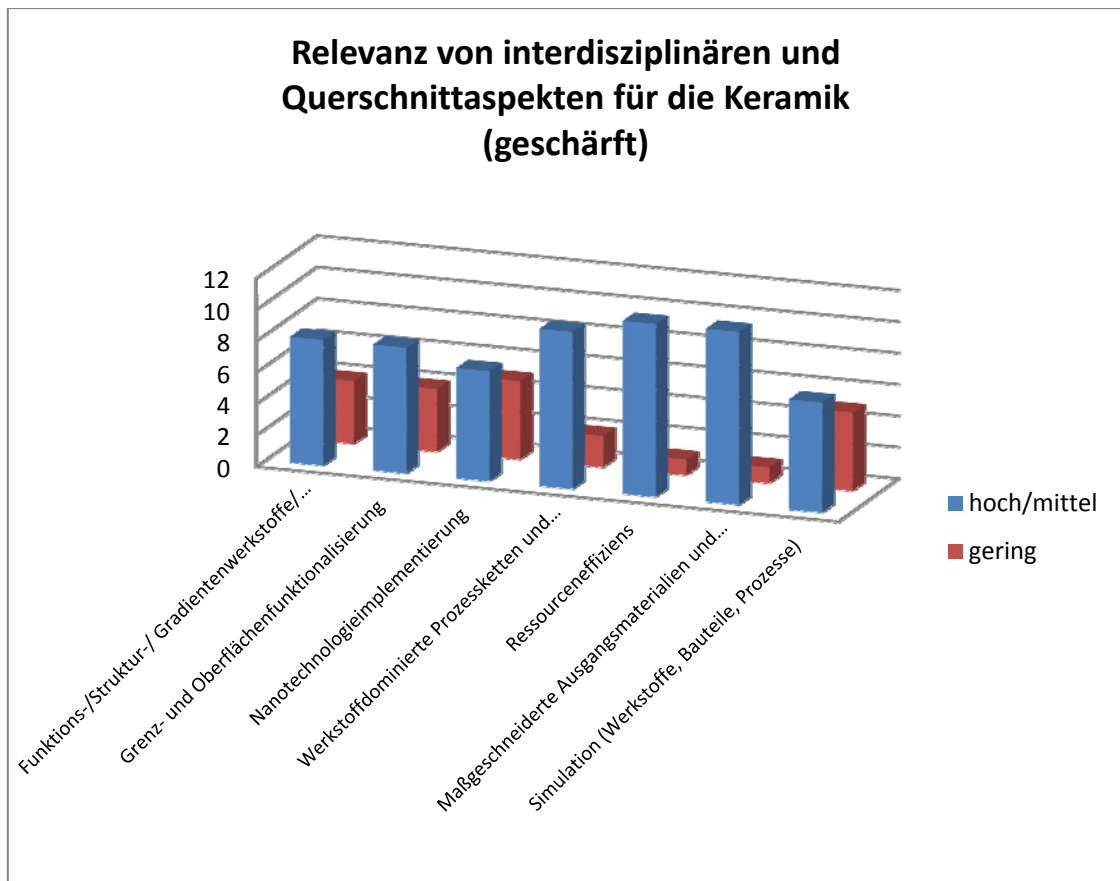


Abbildung 64b: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für die Keramik (geschärft)

Geplante F/E und Investitionen für Keramik-Produkte nach Anwendungsfeldern

Die besondere übergreifende Bedeutung der drei prioritär genannten Aspekte spiegelt entsprechend der unter 3. abgeleiteten globalen, europäischen und nationalen Trends die hohe Relevanz auch für die Thüringer Unternehmen wider. So hat insbesondere der Aspekt der Ressourceneffizienz (Energieeffizienz, Materialeffizienz) vor allem im Hinblick auf die Kostensenkung und Einhaltung gesetzlicher Regelungen essenzielle Bedeutung für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Maßstab. Der Zugang zu und die Verfügbarkeit von für die technische Keramik hochspezifizierten, maßgeschneiderten Ausgangsmaterialien muss mit stark zunehmender Tendenz beobachtet und gesichert werden, um überhaupt die weltmarktfähigen Keramikprodukte weiter herstellen zu können. Hier haben sich in den letzten Jahren z. T. dramatische strategische Abhängigkeiten insbesondere von den asiatischen Zulieferern herausgebildet (z. B. Verknappung/Preissteigerung bei Neodym aus China, hochreine sub- μ -disperse Al_2O_3 -Pulver aus Japan). Ebenso ist die immer bessere Beherrschung und Weiterentwicklung der komplexen Prozessketten in der Hochleistungskeramik notwendige Voraussetzung sowohl für die Einhaltung der extrem gestiegenen anwendungsspezifischen qualitativen Parameter der Keramik-Produkte als auch für eine hohe Zuverlässigkeit und Ausbeute der Fertigungsprozesse sowohl unter Qualitäts- als auch Kostenaspekten. Besondere Herausforderungen ergeben sich im Zusammenhang mit der zunehmenden Miniaturisierung (Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik, Aufbau- und Verbindungstechnik). Hier müssen in der Regel komplexe werkstoffspezifische (z. B. Multimaterialsysteme und deren wechselseitige Kompatibilität – u. a. thermische Zyklusstabilität und Anpassung) und technologische (Pulver-

Processing, Miniaturisierungstechnologien wie z. B. Pasten, Foliengießen, 3-D-Printing und angepasste thermische Prozesstechniken) Problemstellungen gelöst werden.

Verbesserte, weiterentwickelte und neue Funktions-/Struktur-Keramik-Werkstoffe sind je nach Spezifik der Produktpalette und der Anwendungsfelder unter Umständen ebenfalls essenziell für die Gewährleistung vor allem der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. So wurden und werden auch in Thüringen umfangreiche F/E-Anstrengungen zur Entwicklung bleifreier piezoelektrischer Keramiken unternommen, um für den Fall einer verschärften internationalen Gesetzgebung (bzw. beim Auslaufen von Sonderregelungen) adäquate Substitutionsmaterialien für die traditionelle bleihaltige Piezokeramik in der Produktion zu bewältigen und anbieten zu können. Für Konstruktions-, Bio- und optische Keramiken kommt es u. a. auf die Realisierung feinstdispenser Mikrogefügestrukturen zur Steigerung der mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Bruchzähigkeit, Verschleiß, Korrosionsstabilität) und optischer Transparenz an, um auf diesen Wachstumsmärkten Spitzenpositionen bzw. ggf. Alleinstellungsmerkmale zu erringen. Ähnlich hohe spezifische Herausforderungen ergeben sich für die Hersteller z. B. von Leuchtstoffen für LED und Molekularsieb-Materialien. Insgesamt nimmt dabei auch die Bedeutung von Oberflächen- und Grenzflächentechnologien zu (z. B. Biologisierung von Keramikoberflächen, Kombination verschiedener Technologien für multifunktionale Oberflächen, Beherrschung von Grenzflächenphänomenen in miniaturisierten Multimaterialsystemen).

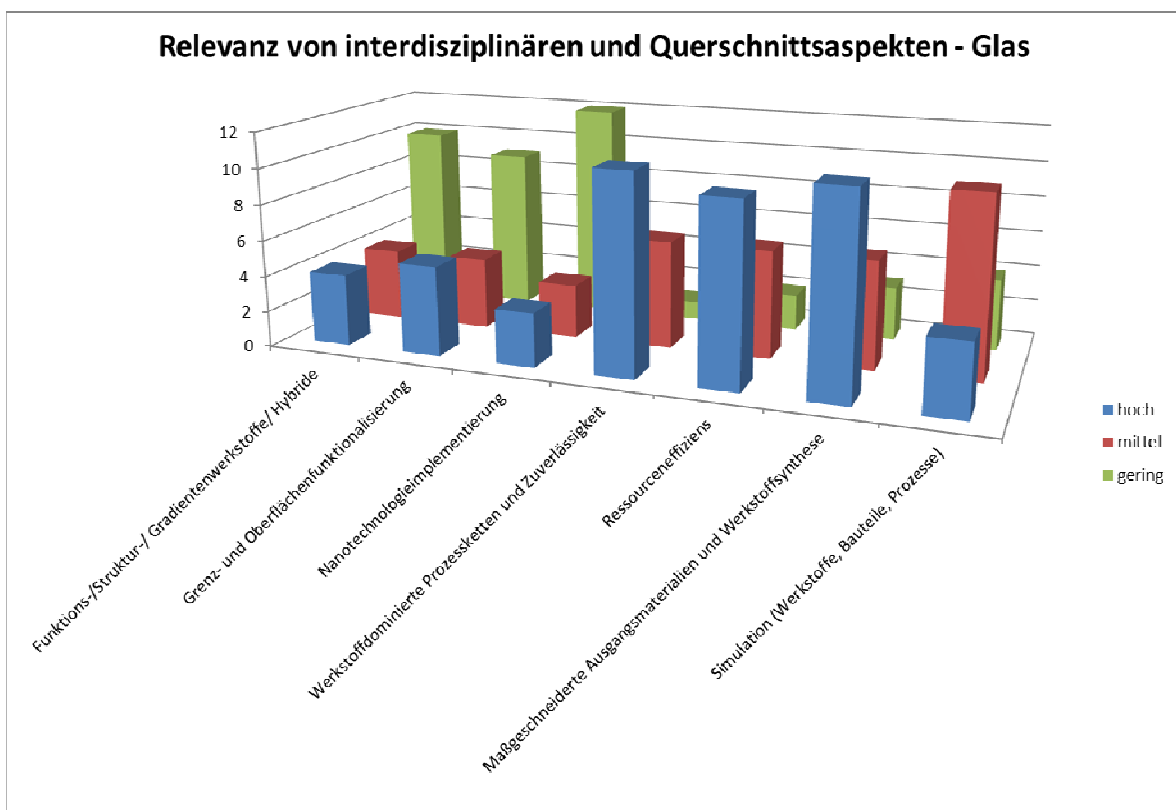


Abbildung 65: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für die Glasindustrie

4.9. Vorschläge für Handlungsempfehlungen an die Landesregierung

Abschließend wurde bei den an der Befragung beteiligten Unternehmen die Relevanz möglicher Handlungsempfehlungen an die Landesregierung hinterfragt. Im Fragebogen wurden dazu folgende Handlungsoptionen vorgeschlagen:

- Innovationsförderung in Wachstumsfeldern
- Investitionsförderung in Wachstumsfeldern
- Förderung der Kooperation in F&E mit Instituten und Universitäten/
Maßnahmen zur Sicherung und Qualifizierung des Fachkräftenachwuchses
- Förderung von Netzwerken/Clustern
- Unterstützung bei der Erschließung internationaler Märkte
- Unterstützung durch Unternehmensberatung/Führungskompetenzvermittlung
- Unterstützung bei der Finanzierung von Innovationsprozessen

Die Ergebnisse der Befragung sind in der folgenden Abbildung 66 dargestellt.

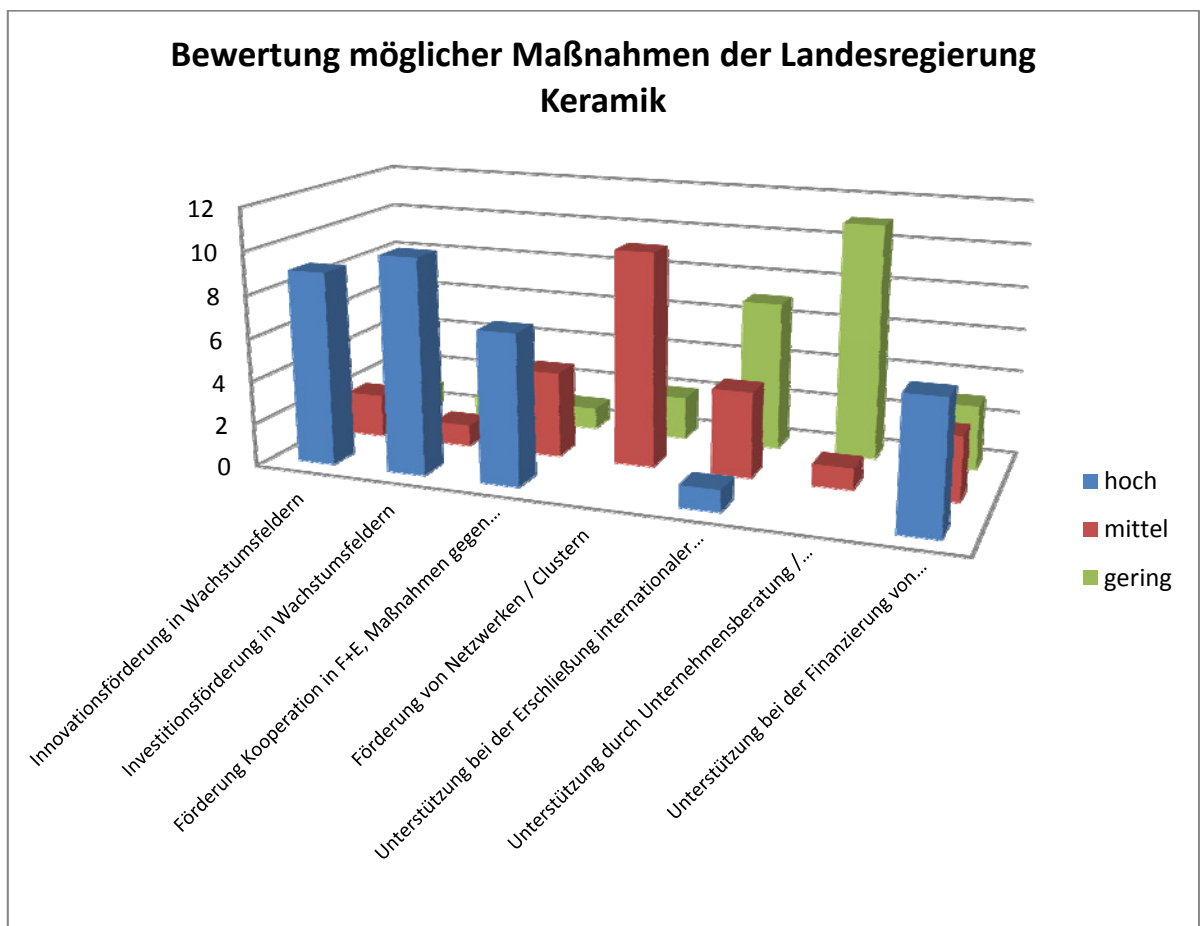


Abbildung 66: Bewertung möglicher Maßnahmen der Landesregierung - Keramik

Es verwundert sicher nicht, dass mit besonders hoher Priorität von nahezu allen Befragten die Aspekte

- Innovationsförderung in Wachstumsfeldern und
- Investitionsförderung in Wachstumsfeldern

bewertet wurden, stellte diese Form der mittelstandorientierten Innovationsförderung doch in den zurückliegenden Förderperioden eine essenziell bedeutsame Finanzierungsunterstützung für das Wachstum der Thüringer Unternehmen auch im Bereich der Keramik dar. Insofern ist der Wunsch nach Fortführung in der kommenden Förderperiode nicht nur verständlich, sondern entspricht auch dem realen Bedarf der nach wie vor meist mittelständisch strukturierten Firmen.

Mit zweiter Priorität folgen

- Förderung der Kooperation in F&E mit Instituten und Universitäten/
Maßnahmen zur Sicherung und Qualifizierung des Fachkräftenachwuchses und
- Unterstützung bei der Finanzierung von Innovationsprozessen.

Dies ist einmal Ausdruck der bereits bisher engen Verzahnung von F/E-Aktivitäten in den Unternehmen mit entsprechenden Projekten an den vorwiegend Thüringer universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Forderung nach Kontinuität in diesem Prozess, der gleichzeitig eine wichtige Basis für die Generierung von auf den Bedarf der Industrie zugeschnittenem Fachkräftenachwuchs darstellt (siehe dazu auch unter 5.)

Zum zweiten zeigt insbesondere der Bedarf zur Unterstützung bei der Finanzierung von Innovationsprozessen, dass unabhängig von Fördermaßnahmen im engeren Sinne (Zuschüsse) zunehmend auch kreative Lösungen bei der Wachstumsfinanzierung von mittleren, schrittweise den KMU-Status überschreitenden Unternehmen besteht (siehe dazu auch unter 7.).

Der Punkt

- Förderung von Netzwerken/Clustern

genießt leider bestenfalls mittlere Bedeutung; für einige der befragten Unternehmen wird diese Maßnahme ohne Bedeutung eingeschätzt. Das zeigt insgesamt, dass die Breitenwirkung der Netzwerk- und Clusterinitiativen noch nicht ausreichend bei den Unternehmen angekommen ist.

Recht deutlich ist die eher geringe, bestenfalls mittlere Bedeutung, die den potenziellen Maßnahmen

- Unterstützung bei der Erschließung internationaler Märkte und
- Unterstützung durch Unternehmensberatung/Führungskompetenzvermittlung

beigemessen wird, wobei hier singular bei einzelnen Firmen Bedarf gesehen wird.

5. Ergebnisse der Befragung Thüringer Forschungs-, Entwicklungs- und Bildungseinrichtungen

5.1. Übersicht und Kompetenzen relevanter Akteure

Thüringen verfügt traditionell über eine ganze Reihe von Bildungs- und Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet von Glas und Keramik bzw. anorganisch nichtmetallischen Materialien.

Es gibt in Thüringen keinen reinen Studiengang „Keramik, Glas und Baustofftechnik“ wie an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg oder „Werkstofftechnik Glas und Keramik“ an der Hochschule Koblenz („Glas-Keramik-Bindemittel“ an der TU Clausthal zum WS 2011/2012 eingestellt). Wie an allen anderen Hochschulstandorten in Deutschland sind Lehrinhalte mit oder ohne spezielle Vertiefungsrichtungen in materialwissenschaftlichen und werkstofftechnischen Studiengängen eingebunden. Die Forschungsstandorte rekrutieren ihren akademischen Nachwuchs auch aus themenverwandten ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen und arbeiten interdisziplinär mit anderen Fächern zusammen.

Zunächst sollen die relevanten Studiengänge und universitären Forschungsschwerpunkte in Thüringen vor allem mit Potenzialen für industrielle Entwicklungen im Überblick gezeigt werden.

- Friedrich-Schiller-Universität Jena
 - Otto Schott Institut für Glaschemie (OSI)

Grundlagenforschung mit Tradition und auf internationalem Niveau
Das OSI gehört zur Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät, drei Professuren decken die Grundlagenforschung an Glas in ihrer ganzen Breite ab.

 - Lehrstuhl Glaschemie I, Prof. Dr. Christian Rüssel,
 - Glasstruktur und Glasentwicklung
 - Werkstoffe für Optik und Photonik
 - Phasenübergänge bei der Glaskristallisation
 - Elektrochemische, elektrische und Redoxchemie in Glasschmelzen, Gläsern und Glaskeramiken
 - Glasoberflächen und Beschichtungen
 - Lehrstuhl Glaschemie II, Prof. Dr. Lothar Wondraczek
 - Grundlagenforschung zu topologischen Ursachen für die Eigenschaften nichtkristalliner Festkörper
 - Werkstoffe für die Optik: Lumineszenz, Farbe, Magnetooptik, Gläser für optische Fasern, hochbrechende Gläser, elektronische Defekte.
 - Mechanische Eigenschaften von Gläsern
 - Energie
 - Juniorprofessur (Carl-Zeiss Stiftungsprofessur) Prof. Dr. Delia Brauer
 - Biomedizinische Anwendungen von Glas und Glaskeramik: bioaktive Gläser, Phosphatgläser, Verbunde, Ionomezemente, Biomineralisation und Biomechanik
 - Institut für Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie
 - Lehrstuhl für Materialwissenschaft, Prof. Dr. Klaus D. Jandt
 - Struktur-Eigenschafts-Beziehungen an Grenzflächen von Biomaterialien, dentalen Materialien und biologischen Systemen (Proteine, mineralisierte Gewebe)
 - Antimikrobielle Biomaterialien
 - Materialien für "Tissue Engineering"
 - Soft Matter Physics
 - Nanokomposite
 - Biologische Reaktionen auf Biomaterialoberflächen

- Mikroskopie und Spektroskopie Methoden (OM, SPM, TEM, SEM, XPS, SIMS etc.)
- Nanostrukturierung von Polymeren und Keramiken
- Keramische Nanopartikel
- Professur für Oberflächen- und Grenzflächentechnologien Prof. Dr. Frank A. Müller
 - Biomaterialien (Prof. Dr. Frank A. Müller)
 - Oberflächenmodifizierung
 - Biomimetischer Apatit
 - Bioaktive Keramik
 - Cellulose-Scaffolds
 - Rapid Prototyping
 - Oberflächenbearbeitung (Dr. Volker Herold)
 - Bearbeitung von komplexen Formelementen
 - Bearbeitung von "schwerbearbeitbaren" Werkstoffen
 - Mikrobearbeitung
 - Genauigkeitssteigerung von Bearbeitungsverfahren
 - Charakterisierung von Oberflächen durch hochauflösende Messverfahren
 - Funktionsorientierte Beschreibung von Oberflächen
 - Lasertechnik (Doz. Dr. Gisbert Staupendahl)
 - Laserentwicklung
 - Wechselwirkung Laserstrahlung-Werkstoff
 - Herstellung nanokristalliner Partikeln und Nanopulver durch Laserverdampfung
- Professur für Mechanik der funktionellen Materialien Prof. Dr. Olivier Guillon
 - Kontinuumsmechanische Beschreibung des Sinterns von Keramischichten und Laminaten
 - Messung des Verdichtungsverhaltens und der viskosen Parameter durch Heißschmieden
 - Makroskopische und mikroskopische Charakterisierung der Anisotropie beim Sintern unter mechanischer Last und geometrischen Einschränkungen
 - Trocknen dünner Schichten aus Suspensionen und Bedingungen für Rissbildung
 - Untersuchung der Sinternmechanismen bei der Field Assisted Sintering Technique/ Spark Plasma Sintering
 - Herstellung und mechanische Charakterisierung dichter nanokristalliner Werkstoffe
 - Effekt der Partikelgröße auf das Phasenumwandlungsverhalten von Nanopartikeln mittels Chipkalorimetrie und TEM
 - Betrachtete Materialien sind hauptsächlich Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO sowie Materialien für LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics), MLCC Kondensatoren (Multilayered Ceramic Capacitors) und SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) Anwendungen.
- Weitere relevante Institute an der FSU mit Materialbezug:
 - Abbe Center of Photonics, Abbe School of Photonics
 - Institut für Angewandte Optik
 - Institut für Optik und Quantenelektronik
 - Institut für Photonische Technologien

Studiengänge mit Lehrinhalten zu Glas und Keramik:

Werkstoffwissenschaft (B.Sc. und M.Sc.)

(+ Chemie, Physik, Geowissenschaften)

- TU Ilmenau: Glastechnologie und Reaktionen an Glasoberflächen
Das Fachgebiet Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe (ANW) gehört zur Fakultät Maschinenbau und ist Mitglied in den Instituten für Werkstofftechnik und für Mikro- und Nanotechnologien. ANW ist vernetzt mit anderen Fachgebieten der TU-I, die sich mit Glasthemen beschäftigen: Technische Optik, Lichttechnik, Biomedizinische Technik, Feinwerktechnik, ...
 - Fachgebiet Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe, Prof. Dr.-Ing. Edda Rädlein
 - Werkstoffe in elektromagnetischen Feldern: Entwicklung von abschirmenden Werkstoffen, elektromagnetische Zerkleinerung, Elektromagnetische Beeinflussung von Glasschmelzen
 - Mikrostrukturierung: fotostrukturierbares Glas, Glasverziehtechnik
 - Glasoberflächen und Beschichtungen: Reaktionen an Grenzflächen, Alterung und Korrosion

Studiengänge mit Lehrinhalten zu Glas und Keramik:
verbundener Studiengang Werkstoffwissenschaft (B.Sc. und M.Sc., mit FSU Jena)
Pflichtveranstaltungen mit Inhalten zur Glas-Werkstoffwissenschaft in weiteren Studiengängen: Optronik, Biomedizinische Technik, Wahlveranstaltungen in weiteren ingenieurwissenschaftlich orientierten Studiengängen: Mikro- und Nanotechnologien, Mechatronik
- Bauhaus Universität Weimar: Anwendungen im Bau
 - Baustoffchemie: Prof. Kaps (Berufungsverfahren für Nachfolge läuft)
 - Juniorprofessur Simulation und Experiment: Prof. Dr.-Ing. Hildebrand
 - Studiengänge mit Lehrinhalten zu Glas und Keramik: Baustoffingenieurwissenschaft
- Ernst Abbe Hochschule Jena: Werkstoffe und Fertigungstechnik
 - Fachbereich SciTec
Lehrgebiet Anorganische Chemie, Glas und Keramik: Prof. Dr. Jörg Töpfer
Funktionskeramische Werkstoffe
 - Weichferrite
 - Hartferrite
 - Piezo-, Ferro-, Dielektrische Werkstoffe
 - Magnetoresistive Werkstoffe

Werkstoffchemie

 - Funktionale Nanopulver
 - Stöchiometrieabweichung und Defektchemie
 - Festkörperchemie von Oxiden

Funktionskeramische Schichten

 - LTCC Technologien
 - Magnetische Dickschichtsysteme
 - Lehrgebiet Qualitätsmanagement, Werkstoffprüfung, Werkstofftechnik, Metallische Werkstoffe: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Merker
 - Lehrgebiet Fertigungstechnik, Fertigungsautomatisierung, Prof. Dr.-Ing. Jens Bliedtner
 - Glasoberflächenbearbeitung
 - Institut für Mikrosystem- und Präzisionsfertigungstechnik Jena

Neben den universitären bestehen in Thüringen weitere leistungsstarke wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen, die auf den Gebieten Keramik, Baumaterialien und Fügetechnologien aktiv sind.

- Fraunhofer IKTS, Institutsteil Hermsdorf
Der aus dem früheren Hermsdorfer Institut für Technische Keramik HITK e. V. durch die 2010 erfolgte Integration in die Fraunhofer Gesellschaft hervorgegangene Teil des früher nur in Dresden ansässigen Instituts für Keramische Technologien und Systeme ist – wie bereits in der Roland Berger Studie herausgearbeitet wurde – ein wichtiger Kooperationspartner der Thüringer Keramikindustrie und gleichzeitig Netzwerkbildner sowohl innerhalb der Branche als auch zu anderen Branchen. So war das ehemalige HITK Mitinitiator und Koordinator der beiden vom BMBF geförderten regionalen innovativen Wachstumskerne fanimat (Funktionelle anorganische Materialien 2001 – 2003) und fanimat nano (Implementierung von Nanotechnologien in Prozessketten der Keramik und Mikrosystemtechnik 2005 –

2008), deren Aktivitäten im Rahmen des Thüringer Netzwerks Mikro-Nano-Thüringen einschließlich MicroMold weitergeführt werden.

Das IKTS deckt die Konstruktions- und Funktionskeramiken über die gesamte Wertschöpfungskette von der Pulverpräparation bis hin zu Systemanwendungen ab. Besondere Kompetenzen am Standort Hermsdorf bestehen u. a. in folgenden Bereichen:

- Werkstoffe
 - Precursorkeramik, Kompositwerkstoffe und hochreine Oxidkeramiken
- Verfahren und Bauteile
 - Silikatkeramik und Verfahrenstechnik
 - Plasmaspritzen
- Umwelt- und Verfahrenstechnik
 - Nanoporöse Keramiken
 - Hochtemperaturseparation und Katalyse
- Hybride Mikrosysteme
 - Elektrische und magnetische Funktionswerkstoffe für hybride Mikrosysteme (u. a. funktionelle LTCC-Werkstoffe)

Seit Mai 2013 besteht über die Professur Technische Umweltchemie, Herrn Prof. Dr. Michael Stelter eine direkte Ankopplung an die Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Methodisch im Hinblick auf die Erhöhung der Sichtbarkeit der Thüringer Forschung und die schrittweise Erzielung einer höheren Wertschöpfung neuartige Systemansätze in Thüringen finden sich unter anderem in der Bündelung der Aktivitäten der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Organische und makromolekulare Chemie IOMC und des Fraunhofer IKTS, IT Hermsdorf im CEEC Center for Energy and Environmental Chemistry und die durch dieses Konsortium erarbeitete und eingereichte Bewerbung für die BMBF-Ausschreibung Zwanzig20 zur Thematik BATTERIE 2.0 Skalierbare, nachhaltige, elektrische Energiespeicher, in die auch das Fraunhofer IOSB Ilmenau mit seinen Kompetenzen im Bereich Smart Grids involviert ist.

- Institut für angewandte Bauforschung IAB Weimar
Forschungsbereiche dieser gemeinnützigen wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen sind
 - Baustoffe
 - Technische Systeme
 - Nachhaltiges Bauen
- Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH (ifw) Jena
Glas- und Keramik-relevante Forschungsbereiche dieser gemeinnützigen wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen sind
 - Fügetechnik (Diffusionsschweißen, Löten, Kleben)
 - Lasertechnik (Lasermaterialbearbeitung, Lasergestützte Fügeverfahren, Oberflächenstrukturierung und –modifikation mit Laser)
 - Mikrotechnik (u. a. Häusungstechniken für Mikrosensoren)

Folgende Einrichtungen, Lehrstühle, Professuren bzw. Fachbereiche beteiligten sich aktiv an der Befragung:

- Univ.-Prof. Dr. –Ing. habil. Edda Rädlein
Fakultät für Maschinenbau
Institut für Werkstofftechnik
FG Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe
Technische Universität Ilmenau
- Prof. Dr. Olivier Guillon
Professur für Mechanik der funktionellen Materialien
Institut für Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie
Physikalisch-Astronomische Fakultät
Friedrich-Schiller-Universität Jena

- Prof. Dr.-Ing. Lothar Wondraczek
Otto-Schott-Institut
Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Prof. Dr. Christian Ruessel
Otto-Schott-Institut
Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Prof. Dr. Jörg Töpfer
Fachbereich SciTec
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena
- Dr.-Ing. Sabine Sändig
Günter-Köhler-Institut für Füge-technik
und Werkstoffprüfung GmbH (ifw) Jena
- Prof. Dr.-Ing. Jörg Hildebrand IWE
BAUHAUS-UNIVERSITÄT Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Juniorprofessur Simulation und Experiment
- Dr.-Ing. Ulrich Palzer
IAB Institut für Angewandte Bauforschung gemeinnützige GmbH
Weimar
- Dr. Bärbel Voigtsberger
Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme
Institutsteil Hermsdorf.

5.2. Analyse der Forschungsprofile der Einrichtungen im Bezug zur relevanten Branche (Keramik/Glas/Glaskeramik)

Der erste Fragenkomplex betraf das Forschungsprofil der F/E-Einrichtungen. Dazu wurden folgende fachspezifische Themenstellungen hinterfragt:

- Material/Werkstoffforschung
- Oberflächen/Grenzflächen
- Prozesstechnik/Technologie
- Komponenten/Anwendung
- Systeme/Anwendungen
- Simulation/Modellierung
- Roh/Werkstoffanalytik
- Mess-/Prüftechnik

Im Hinblick auf Umfang und Wertigkeit der Aktivitäten wurde eine Unterscheidung zwischen Kernkompetenzen und sonstigen Aktivitäten bzw. Dienstleistungen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 67 dargestellt.

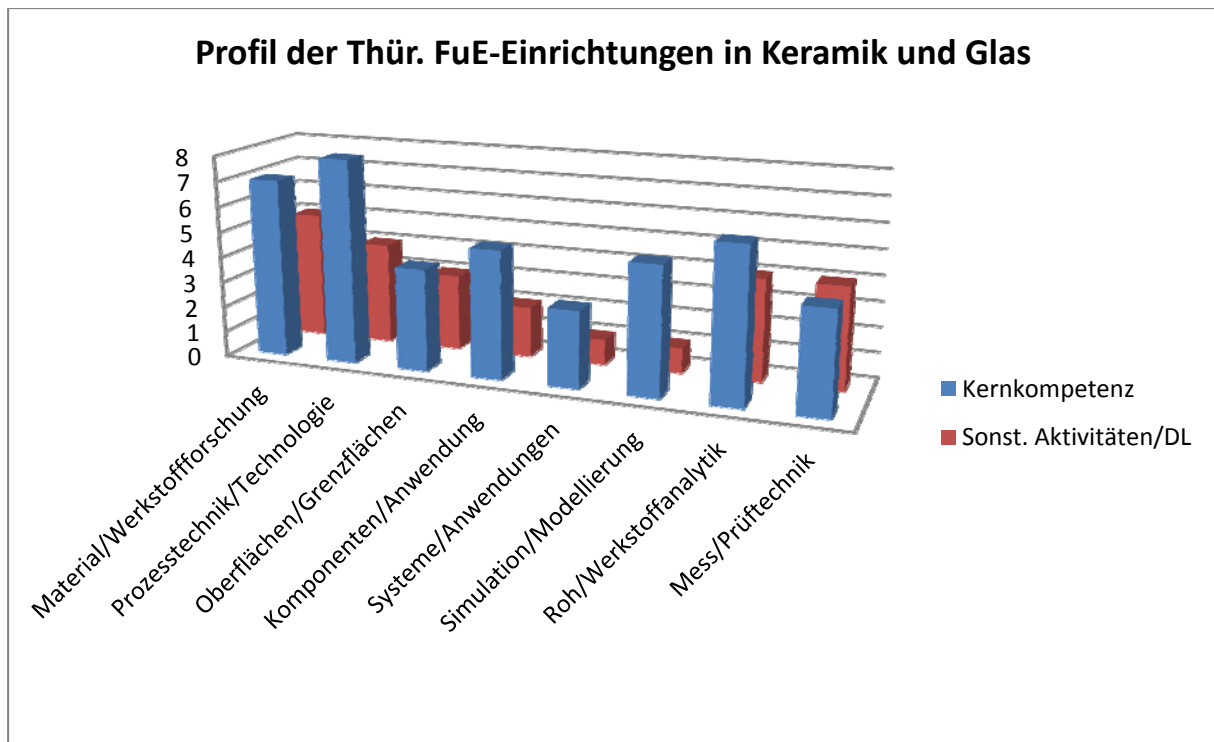


Abbildung 67: Profil der Thüringer F/E-Einrichtungen in Glas und Keramik

Besonders auffällig und positiv herauszuheben sind die dominanten Kernkompetenzen im Bereich Prozesstechnik/Technologie, was bereits als ein erstes Indiz für eine stark industrieorientierte Positionierung der relevanten Einrichtungen gewertet werden kann. Daneben spielen naturgemäß Material- und Werkstoffforschung sowie Roh- und Werkstoffanalytik eine wichtige Rolle. Auch in den für die Produktanwendung wichtigen Bereichen Komponenten/Anwendung, Simulation/Modellierung und Mess-/Prüftechnik sind in einer Vielzahl von Einrichtungen Kernkompetenzen vorhanden bzw. werden zusätzlich Dienstleistungen erbracht. Entsprechend der zunehmenden Bedeutung sind ebenso Aktivitäten im Bereich der Oberflächen- und Grenzflächen zu verzeichnen, wobei hier zusätzlich auf Thüringer Einrichtungen verwiesen werden soll, die nicht in die Befragung einbezogen wurden (z. B. Innovent Jena, IBA Heiligenstadt). Die Kompetenzen für Systeme und Anwendungen sind bisher an den befragten Einrichtungen nur ansatzweise vorhanden. Hier besteht Bedarf zum Ausbau bzw. engerer Kooperation mit systemorientierten F/E-Einrichtungen.

5.3. Analyse der Kooperationsprofile der relevanten Einrichtungen

Ein weiterer Fragenkomplex war den Kooperationsprofilen der F/E-Einrichtungen gewidmet. Hier wurden die Kooperationsbeziehungen sowohl nach Charakter des Kooperationspartners

- Hochschulen
- Andere FuE-Einrichtungen
- Unternehmen KMU
- Unternehmen nicht KMU
- Cluster/Netzwerke und
- Andere

als auch nach Regionen

- Thüringen
- Deutschland
- Europa
- Außerhalb Europas

hinterfragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 68 dargestellt.

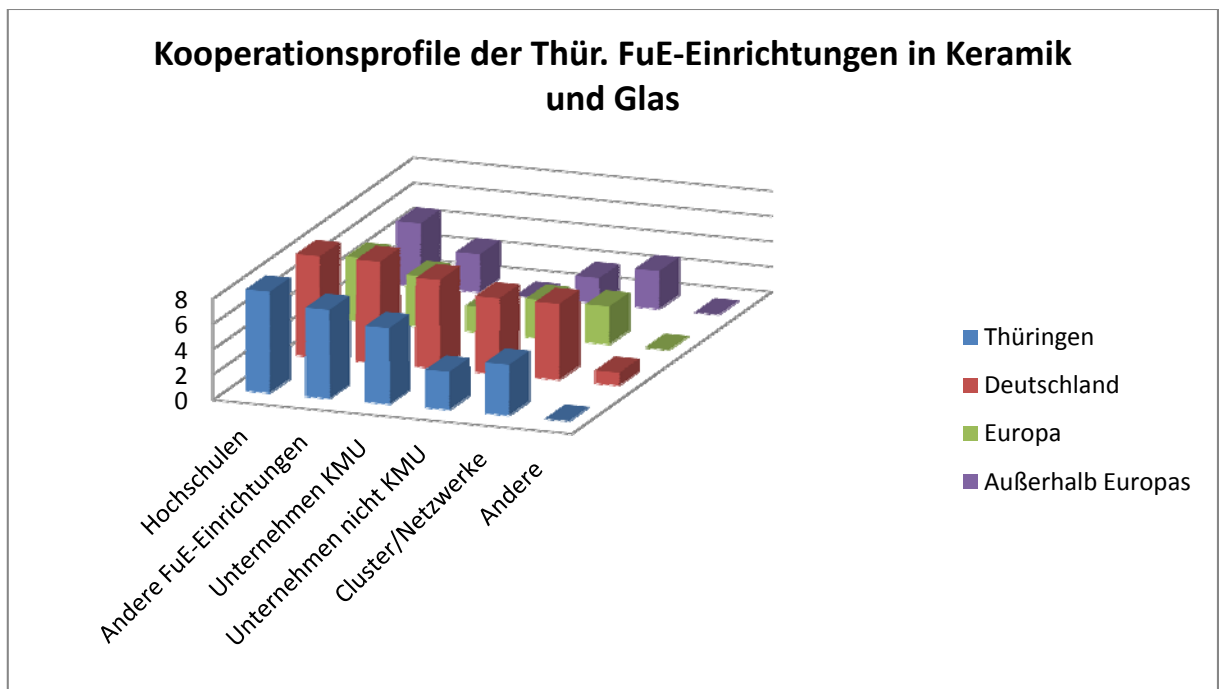


Abbildung 68: Kooperationsprofile der Thüringer F/E-Einrichtungen in Glas und Keramik

Bei der Analyse ist zunächst festzustellen, dass die Thüringer F/E-Einrichtungen sowohl innerhalb Thüringens als auch in Deutschland mit anderen Hochschulen bzw. F/E-Einrichtungen gut vernetzt sind. Das gilt ebenso in erheblichem Maße für den europäischen Raum als auch im internationalen Maßstab. Unabhängig von der Vernetzung mit der Industrie ist diese nationale, europäische und internationale Integration für die Thüringer F/E-Einrichtungen unverzichtbar im Hinblick auf deren wissenschaftliches Ranking, den Zugang zu überregionalen Netzwerken und Förderprojekten sowie den überregionalen wissenschaftlichen Austausch und die Reputation.

Die Mehrzahl der befragten Einrichtungen steht in Kooperation mit KMU, sowohl in Thüringen als auch im gesamtdeutschen Rahmen. Der Umfang der Kooperationen mit nicht KMU hält sich naturgemäß in Thüringen auf Grund deren geringerer Dichte etwas in Grenzen, während es umfangreiche Beziehungen zu nicht KMU in der Bundesrepublik und in leicht vermindertem Umfang in der EU und außerhalb Europas gibt. Dieses industrielle Kooperationsverhalten spricht insbesondere für die hohe Kompetenz und Akzeptanz der Thüringer F/E-Einrichtungen auch im nationalen und internationalen Maßstab.

Die Kooperation in Netzwerken und Clustern hat vor allem auf nationaler Ebene, aber natürlich auch in Thüringen, Europa und weltweit eine hohe Bedeutung.

5.4. Bewertung der Wachstumspotenziale/F/E-Aktivitäten nach Anwendungsfeldern

In diesem Punkt wurden die F/E-Einrichtungen nach der Bewertung der Wachstumspotenziale und F/E-Aktivitäten für die Thüringer Industrie nach Anwendungsfeldern befragt.

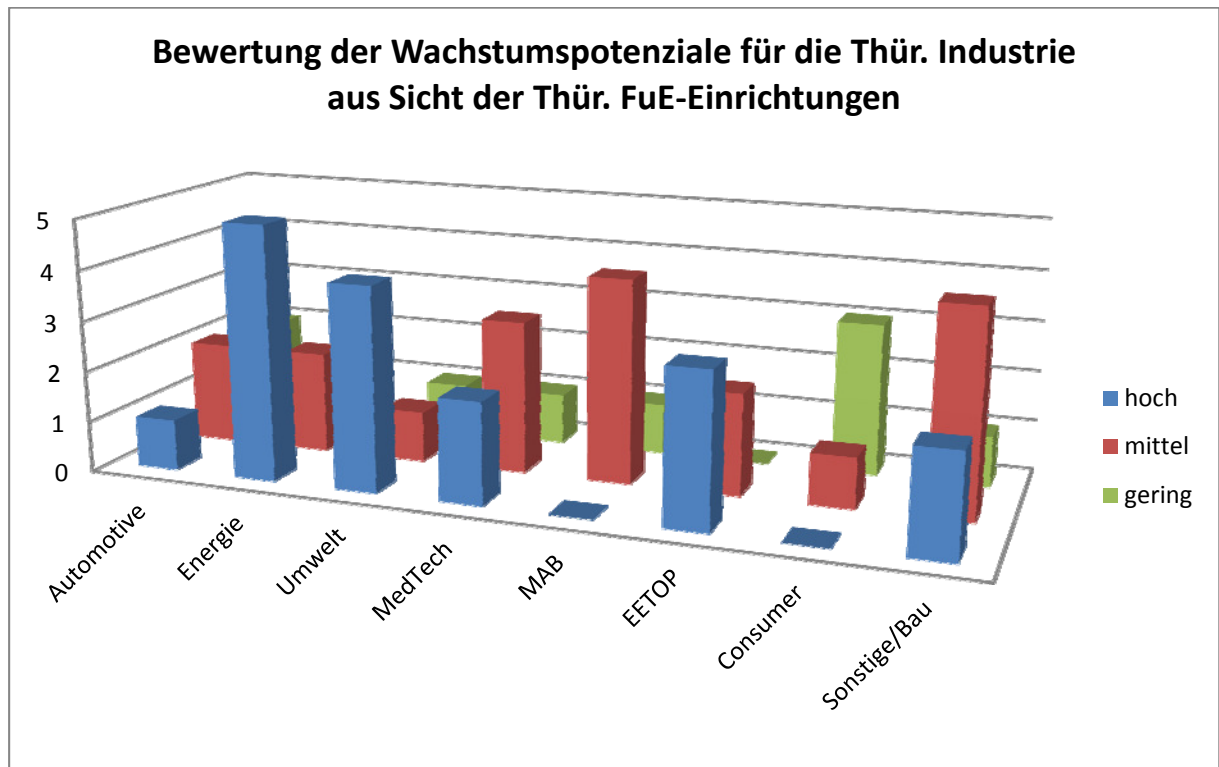


Abbildung 69a: Bewertung der Wachstumspotenziale für die Thür. Industrie aus Sicht der Thür. F/E-Einrichtungen

Signifikant ist die hohe Bedeutung, die den Wachstumsfeldern Energie, Umwelt und EETOP beigemessen wird. MedTech erscheint bzgl. einer hohen Bedeutung eher unterpriorisiert. Interessant ist auch das Wachstumspotenzial, das dem Baubereich (insbesondere unter dem Aspekt des intelligenten Bauens und der Energieeffizienz) zugebilligt wird.

Bemerkenswert ist die relativ geringe Bedeutung, die dem Automotive-Bereich beigemessen wird, was aber wieder recht gut mit den Einschätzungen der Industriepartner korreliert.

Da die Schärfe der Zuordnung in die einzelnen Prioritätsklassen subjektiv gefärbt ist, wurde auch hier zusätzlich eine Zusammenfassung der Kategorien hoch und mittel vorgenommen und in der folgenden Abbildung dargestellt.

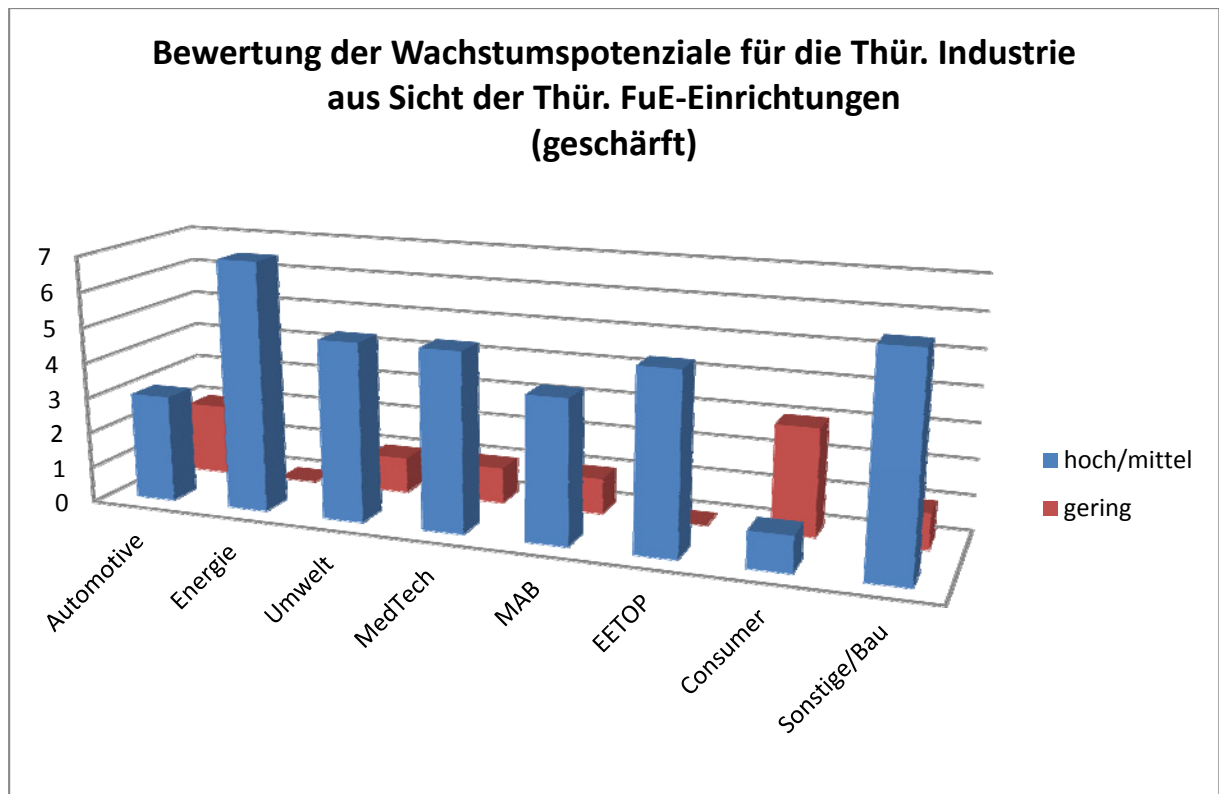


Abbildung 69b: Bewertung der Wachstumspotenziale für die Thür. Industrie aus Sicht der Thür. F/E-Einrichtungen (geschäft)

Erst in dieser Darstellung zeigen sich deutlich die Prioritäten bzgl. der Wachstumsfelder aus Sicht der F/E-Einrichtungen, und zwar in der Reihenfolge:

- Energie
- Bau
- EETOP/MedTech/Umwelt
- MAB
- Automotive
- Consumer

Auch dieser Befund zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Befragungsergebnissen der Industrie.

5.5. Bewertung der Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten für den Innovationsprozess

In Analogie zu 4.8 wurde auch bei den Thüringer F/E-Einrichtungen nach der Relevanz interdisziplinärer und Querschnittsaspekte gefragt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

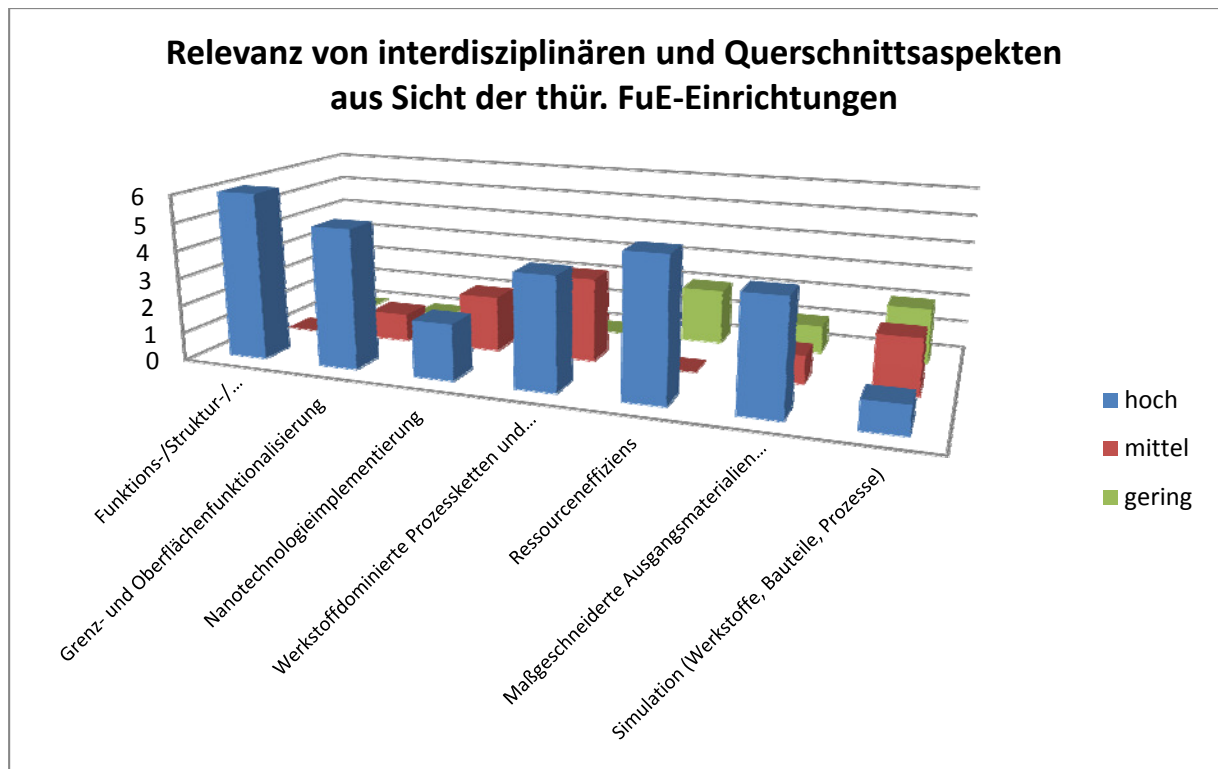


Abbildung 70: Relevanz von interdisziplinären und Querschnittsaspekten aus Sicht der Thüringer F/E-Einrichtungen

Vergleicht man diese Darstellung mit den Ergebnissen der Unternehmensbefragung so stellt man eine überraschend hohe tendenzielle Übereinstimmung fest. So sind die ersten fünf Prioritäten – abgesehen von leicht differenzierter Reihenfolge – im Grunde identisch.

Hier dominieren in erster Linie die Aspekte

- Funktions-/Struktur-/ Gradientenwerkstoffe/ Hybride gefolgt von
- Ressourceneffizienz und
- Grenz- und Oberflächenfunktionalisierung.

Darauf folgen

- Maßgeschneiderte Ausgangsmaterialien und Werkstoffsynthese und
- Werkstoffdominierte Prozessketten und Zuverlässigkeit.

Auch hier werden die Aspekte

- Nanotechnologieimplementierung und
- Simulation (Werkstoffe, Bauteile, Prozesse)

nur mit untergeordneter Priorität bewertet.

Dieser Befund spricht für eine offenbar stark industrieorientierte F/E-Community auf dem Gebiet von Keramik und Glas, was als eindeutige Stärke dieser Branche bewertet werden kann.

Kritisch ist im Hinblick auf die langfristige Wettbewerbsfähigkeit die Frage der Schaffung von mittel- und langfristigen Vorlauf und insbesondere dessen Finanzierung im F/E-Bereich anzusprechen.

5.6. Bewertung zukünftiger Schwerpunkte im Bereich Keramik, Glas und Glaskeramik aus Thüringer Sicht

Bei der Bewertung zukünftiger Schwerpunkte, deren Ergebnisse in der folgenden Abbildung dargestellt sind, haben sich umfangreiche detaillierte Innovationsaspekte ergeben, wobei die Komplexe

- Neu- und weiterentwickelte Materialien und
- Innovative Prozessketten

eindeutig prioritär bewertet werden.

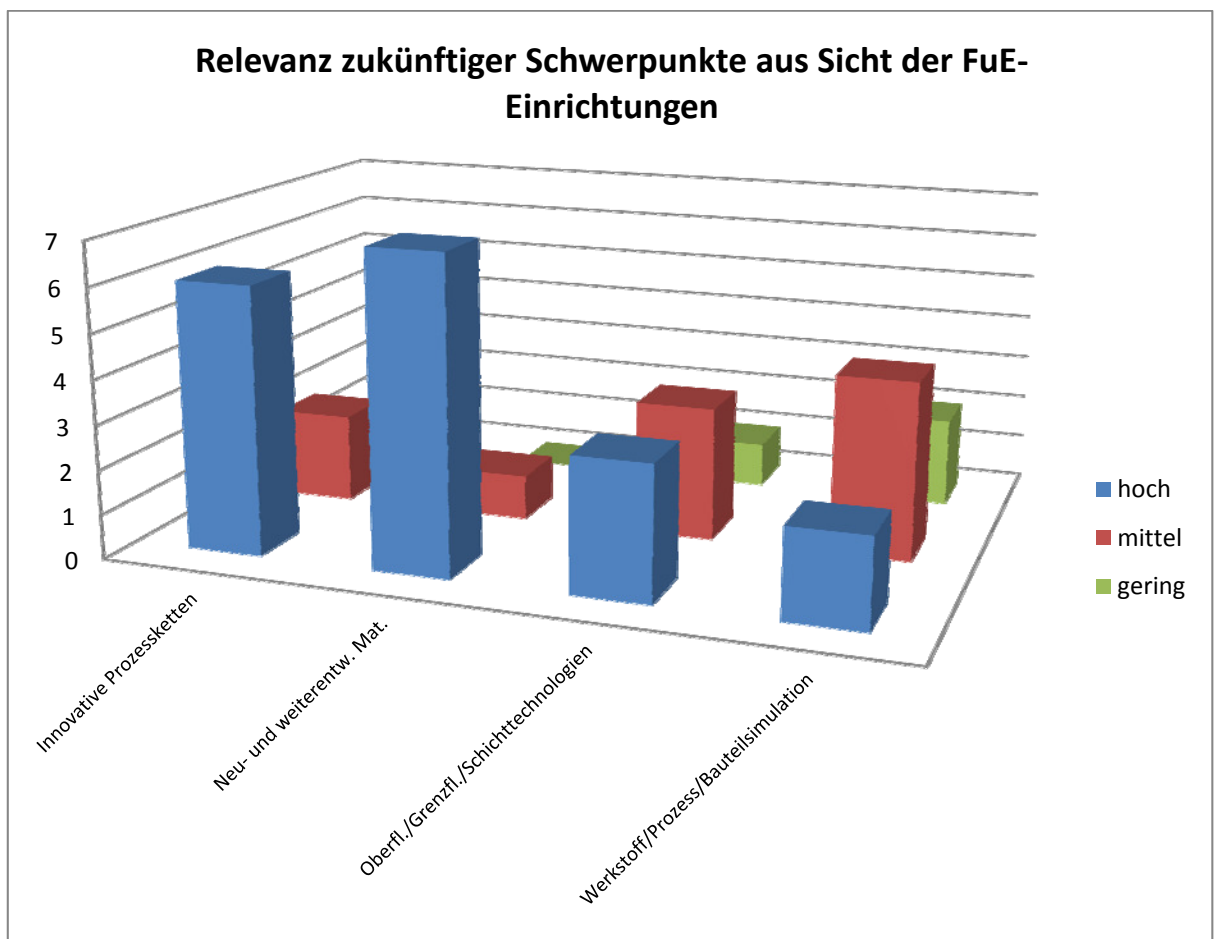


Abbildung 71: Relevanz zukünftiger Schwerpunkte aus Sicht der FuE-Einrichtungen

- **Innovative Prozessketten**
 - Sub- μ - bzw. Nanopulverprocessing für Hochleistungskeramik einschließlich Coating- und Granulierttechnologien
 - Verarbeitungstechnologien für precursorabgeleitete und Polymerkeramiken
 - Miniaturisierung / Steigerung Funktionalität: 2-Komponenten Spritzguss (und ähnliche Technologien, z.B. RPT), Mikrospritzguss, Mikrobearbeitung
 - Großvolumige / großformatige Komponenten, komplexe Geometrie: Werkstoff-Verbunde, modularer Aufbau, Fügen für verschiedene Anwendungen bez. Temperatur, korrosive Medien etc.
 - Konstruktion / Systemintegration: Verbinden mit existierenden Maschinenteilen, dazu Spannungsanalysen; läuft wiederum auf Fügeverfahren hinaus, aber mit unterschiedlichen Materialien: Me/Keramik,...
 - Innovative Formungs- und Veredelungsprozesse für Glas (Bsp.: optische / photonische Fasern; Mikrooptiken, ultradünnes ESG)
 - Neue bzw. verbesserte Prozesstechniken (Ressourcen-/Energieeffizienz, Zuverlässigkeit...)
 - Recycling von „Grünabfall“, gesinterten Fehlteilen und verschlissenen Teilen nach deren Einsatz (Rohstoff-Verfügbarkeit!); Recyclingtechnologien incl. Werkstoffaspekte
 - Oberflächenbearbeitung/Mikrostrukturierung einschließlich Lasermaterialbearbeitung

- **Hybrid/Verbundmaterialien und Kompatibilisierung für neue Konzepte**
 - Füge- und Verbindungstechnologien (Multimaterial!)
 - Innovative Beschichtungstechnologien (hier v.a. PVD, CVD, CSD)
 - Nanotechnologieimplementierung
 - Nanokompositmaterialien zur Modifizierung und Funktionalisierung von Oberflächen (insbesondere von Baustoffen (Beton, Naturstein), Metallen, elektronischen Bauelementen, Medizinprodukten)
 - Biologisierung von Oberflächen
 - Oberflächenbearbeitung/Mikrostrukturierung einschließlich Lasermaterialbearbeitung
 - Hartbearbeitung: Steigerung Wirtschaftlichkeit, Erweiterung der Möglichkeiten, z.B. Freiform-Schleifen, unsymmetrische Profile, mehrachsige Bearbeitung etc.
 - Keramische Multilagen-Bauelemente und -module für die Kommunikationstechnik, Sensorik und Elektronik
 - OF-bestimmtes Alterungsverhalten

- **Neue/weiterentwickelte Materialien**
 - Neue Funktionalitäten
 - Verbesserte Performance (mechanisch, funktionell, thermisch...)
 - Hybrid/Kompositwerkstoffe
 - ROHS/Öko-Konformität (z. B. bleifreie Piezowerkstoffe)
 - Maßschneidern von Werkstoffen für bestimmte Anwendungen, z.B. Hydrothermal-beständiges ZrO₂, Kavitationsbeständigkeit für Pumpen, hochreines (dichtes) SiC für HL-Industrie, Solar etc.
 - Entwicklung/Einsatz maßgeschneiderter/neuer/substituierter Roh- bzw. Einsatzstoffe
 - Precursorabgeleitete und Polymerkeramiken mit maßgeschneiderten Eigenschaften
 -

- **Werkstoff-/Prozess- und Bauteilsimulation**
 - Spannungsanalysen von Fügungen, in Anwendungen integrierte Ker.-Bauteile
 - Fügeprozesse - Schweiß- und Klebsimulation, z. B. Bewertung der Schweiß- und Klebeigenspannungen
 - Numerische Analyse der Tragfähigkeit von Glas- und Glas-Hybrid-Elementen, z. B. Numerische Simulation des Tragverhaltens von linienförmig und punktförmig gelagerten Glaselementen
 - Thermodynamische/kinetische Prozessmodellierung insbes. für katalytische und Membranprozesse sowie Kombinierte Systeme und Prozesse
 - Simulation des solaren Energieeintrages, z. B. bei Glasfassaden
 - Bewertung / Abschätzung der Glaskantenfestigkeit
 - Experimentelle (zerstörungsfreie) Analyse, z.B. spannungsoptische Methode

Im Rahmen eines gemeinsamen Expertenworkshops mit Vertretern aus Industrie und Forschung wurde Einigung darüber erzielt, dass die Innovation im Bereich Keramik und Glas vorrangig getrieben ist und wird durch

- **Prozessketten.**

Diese innovativen Prozessketten erfordern häufig neue Lösungen in den Bereichen

- **Hybrid/Verbundmaterialien und Kompatibilisierung für neue Konzepte**

Erst daraus bzw. parallel dazu folgen Anforderungen im Hinblick auf

- **Neue/weiterentwickelte Materialien sowie**
- **Werkstoff-/Prozess- und Bauteilsimulation.**

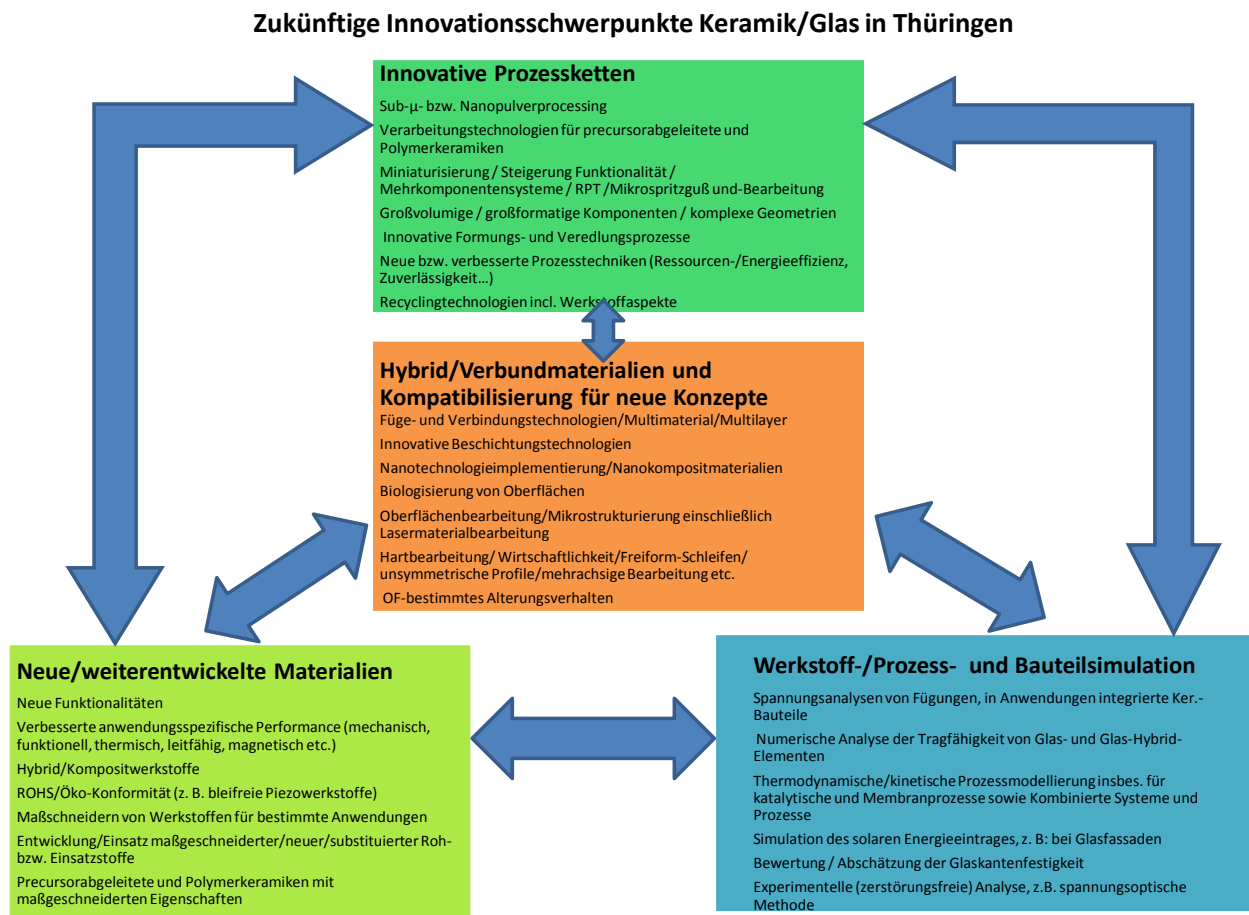


Abbildung 72: Zukünftige Innovationsschwerpunkte Keramik/Glas in Thüringen

Im Ergebnis des Expertenworkshops wurden auf Basis der Ergebnisse der Befragungen die in Thüringen relevanten zukünftigen Forschungsschwerpunkte für die aus den Mega-Trends abgeleiteten Wachstumfelder detailliert herausgearbeitet. Diese sind im folgenden Kapitel 5.7. tabellarisch zusammengefasst und werden im Rahmen des zukünftigen Roadmapping weiter geschärft.

5.7. Zukünftige Forschungsschwerpunkte der Einrichtungen nach Wachstumsfeldern gemäß Trendatlas Thüringen

Im Ergebnis der unter 5.6. bereits erwähnten Expertenworkshops wurden auf Basis der Ergebnisse der Befragungen folgende in Thüringen relevante zukünftige Forschungsschwerpunkte für die aus den Mega-Trends abgeleiteten Wachstumsfelder herausgearbeitet:

Energie/ Green Tech	Energiewandlung (incl. -erzeugung)	Verschleißteile/Oberflächen für WKA
		Generatoren/Transformatoren (Hart- und Weichferrite): -Werkstoffe für Permanentmagnete (Magnetkomposite, partielle Substitution von Seltenerdmetallen); -Transformatoren (verlustarme Magnetwerkstoffe, miniaturisierte Transformatoren und Induktivitäten in LTCC-Technologie, berührungsloses Nachladen)
		Piezoelectric Energy Harvesting
		Thermoelektrik
		Gläser für solare Energiewandlungssysteme incl. Solarthermie
		Rohrmaterialien für biochemische und Algenreaktoren (in Lifescience)
		Glasfasern für Windkraftanlagen
	Energiespeicherung	Batteriematerialien und Systeme für Stromspeicherung (stationäre und mobile Anwendungen)
		Hochtemperaturstabile Wärmespeichermaterialien
		Nanoporöse Wärme- und Gasspeicher
		Katalysatoren für H ₂ O-Elektrolyse, CH ₄ -Synthese Membranreaktoren für optimierte CH ₄ -Synthese
	Energieverteilung	Elektrisch: Isolatoren/Ü-Ableiter
		Gasverteilung: Power to Gas Membranen
		Gastrennung (Membranen, Membranträger, nanoporöse Materialien)
	Bioenergie	Membranen für die Stofftrennung (Biogas, Biofuels)
		CO ₂ - Abtrennung und Reinigung aus Rauchgasen, CH ₄ -Abtrennung, Bioalkohole Gasaufreinigung (z.B. Methan zum Einspeisen in Erdgasnetz)
		Katalysatoren/OSM für Teerentfernung
		Sauerstoffmembranen
		Thermochemische Vergasung mit integrierter Sauerstoffherzeugung
	Energieeffizienz	Thermische Isolationsmaterialien (auch im Bau) – Schaumglas, Isolierglas, Fensterverbundglas
		Emissionsregulierende Werkstoffe (Low-e, Sonnenschutz)
Hochtemperatursauerstoffanreicherung in therm. und Verbrennungsprozessen (Membranen)		
Prozessintegrierte Sauerstoffherzeugung und –Nutzung zur Energieeinsparung und Wirkungsgradsteigerung von Turbinen/Motoren		
Energieeffiziente Prozesstechniken in der Glas- und Keramikherstellung incl. Anlagenbau (Ofenbau/Glasschmelze) Recyclingaspekte (Ressourcenschonung durch Einsatz von Glas)		

Tabelle 16: Forschungsschwerpunkte Energie/Green Tech

Bio/ Life Science/ MedTech	Algentechnologie (Bioreaktoren)
	Wassertechnologie (Membranen) -Aufbereitung von Prozessflüssigkeiten und Abwässern durch Membranen; -Kombination mehrerer Prozesse, z.B. Membrantrennung und Adsorption
	Keramische Implantatwerkstoffe und Verfahren
	Antivirale Materialien
	Energieautarke Systeme
	Autarke O ₂ -Generatoren zur Krankenhaus-Versorgung
	Glaskeramik
	Rohrmaterialien für biochemische und Algenreaktoren
Mikrosystemtechnik/ Sensorik/ Aktorik	Hochtemperaturstabile Häusung und AVT
	Mikrostrukturierbare Trägermaterialien
	Funktionelle LTCC-Materialien
	Integration von sensorischen Komponenten in LTCC-basierte Mikrosysteme
	Mikro-Nano-Integration
	robuste Sensorsysteme
	Integration von Energy-harvesting Komponenten für autarke Sensorsysteme
	Glasfasersensoren, z. B. Faser-Bragg-Gitter
Photonik	Einkristall-Aktoren
	Piezo-Sensorkomponenten
	Precursorabgeleitete und Polymerkeramiken für robuste Sensorsystem
	optisch aktive Gläser, Lasermaterialien, optische Speichersysteme
	IR-Optiken
	Displaytechnik (Dünnglas)
Automotive	Breitbandtelekommunikation
	Passive Optiken
	Beleuchtung (Glasbeschichtung)
	Leuchtstoffe und Hochtemperaturstabile Materialien für LED
	Magnetsegmente für Antriebstechnik
Bau	Dünnglas
	tragende Verbund- bzw. Hybridelemente aus chemisch vorgespanntem Glas
	energetisch angepasste Mehrscheibenisoliervläser durch Glasaufbau und Beschichtung
	Gebogenes Glas – Freiform-Glas
	Glas für Photovoltaik-Gebäudeintegration
	Glasfasersensoren als Teil des Bauwerksmonitorings
	Fügen im konstruktiven Glasbau
	Funktionale Materialien für Verglasungen
Nanokomposite zur Oberflächenmodifizierung und Funktionalisierung	

Tabelle 17: Forschungsschwerpunkte Bio/Life Science/MedTech, Mikrosystemtechnik/Sensorik/Aktorik, Photonik, Automotive, Bau

6. Zusammenfassende Analyse der Wachstumspotentiale für die Thüringer Unternehmen der Keramik- und Glasbranche

Ziel dieses Kapitels ist es, die umfangreichen Recherche- und Umfrageergebnisse zu aggregieren und im Hinblick auf die unter 7. abzuleitenden Handlungsempfehlungen komplex zu bewerten.

Dazu wurden Workshops mit ausgewählten Experten sowie zusätzlich einzelne Expertengespräche mit Unternehmern sowie Vertretern von F/E-Einrichtungen genutzt. Darüber hinaus wurden bisher nur teilweise veröffentlichte Zukunftskonzeptionen (u. a. im Kontext des Programms Zwanzig20 des BMBF) einbezogen.

6.1. SWOT-Analyse

In Abbildung 72 sind die Ergebnisse der SWOT-Analyse für den Bereich Keramik und Glas in Thüringen zusammengefasst, die im Folgenden näher erläutert werden sollen.

Stärken

Hochspezialisierte klein- bzw. mittelständisch strukturierte Unternehmen ausgerichtet am Bedarf der Kunden

Starke FuE – Infrastruktur (Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitäre FuE)

Verknüpfung Industrie/FuE gut ausgeprägt
Hohe Dichte von Experten u. a. in Verbindung mit Spezialmaschinenbau

Hohes Entwicklungspotenzial bei Keramik/Glas
Rohstoff- und Energieressourcen bei Glas vorhanden
Etablierte Cluster- bzw. Netzwerkstruktur

Schwächen

Kleinteiligkeit der Unternehmensstruktur

Finanzierungsschwäche der KMU

keine Systemhersteller entlang der WS-Kette in TH

Entscheidungskompetenz liegt häufig nicht in TH

z. T. veraltete Fertigungstechniken

Offene Fragen der Unternehmensnachfolge

Image der Keramik/Glas als Traditionelle Werkstoffe

Chancen

Hohes Marktpotenzial für Innovationen Keramik/Glas
Ausbau der Kooperation Industrie – FuE auch entlang der WS-Ketten (z. B. TUI) möglich

Stärkere Systementwicklung/Integration entlang der WS-Kette durch strategische Kooperation zwischen Clustern der Anwendungsindustrie GreenTech, MST, Optik, MedTech und Automotive möglich

Vielfalt der Anwendungsbranchen reduziert
Krisenanfälligkeit

Kreative Finanzierungs- und Unternehmensstrukturen für endogenes Wachstum der KMU erforderlich

Erhöhung der Sichtbarkeit und Wirksamkeit der Ausbildungs- und FuE-Standorte durch verstärkte Bündelung

Selektive Chancen durch potenzielle Ansiedlungen und Ausgründungen

Risiken

kritische Masse der Unternehmen fehlt

Unternehmensnachfolge in KMU z. T. offen

Wachstumsfinanzierung (Investitionen/FuE) bes. für mittlere Unternehmen nach Auslauf der Förderung unsicher

Risiken der Ansiedlungspolitik

geringe Sichtbarkeit auf Auslandsmärkten

Abwanderung junger hochqualifizierter Menschen

Langfristig ohne Fertigungstechnologie kein FuE

Abbildung 73: SWOT-Analyse Keramik – Glas in Thüringen

➤ **Stärken**

In der thüringischen Keramik- und Glasbranche dominieren derzeit hochspezialisierte klein- bzw. mittelständisch strukturierte Unternehmen, die ihr Produktportfolio stark am Bedarf der Kunden ausgerichtet haben. Diese im Prozess der nach der Wiedervereinigung erfolgten Restrukturierung entstandenen Strukturen sind im Vergleich zum internationalen Wettbewerb eher kleinteilig (Schwächen), stehen jedoch untereinander kaum im Wettbewerb. Der Freistaat Thüringen verfügt auf dem relevanten Gebiet über eine starke FuE – Infrastruktur (Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitäre FuE), deren Verknüpfung mit der Industrie, inhaltliche Ausrichtung und Kooperationskultur bereits relativ gut ausgeprägt ist. Besonders hervorzuheben ist die hohe Dichte von Experten u. a. in Verbindung mit dem Spezialmaschinenbau für die Keramik- und Glasindustrie (Ofenbau, Glaswannenbau, Spezialanlagenbau, Granulationstechnologie, Bearbeitungs- und Oberflächentechnologien, Werkzeugbau, Automatisierungstechnik, Materialverarbeitung u. s. w.). Die folgende Abbildung zeigt am Beispiel der Glasindustrie diesen komplexen Zusammenhang, der vollkommen analog ebenso für die Keramik zutrifft und erhebliches Innovations- und Kooperationspotenzial für eigene Investitionen aber auch für das Auftreten auf internationalen Märkten bietet.

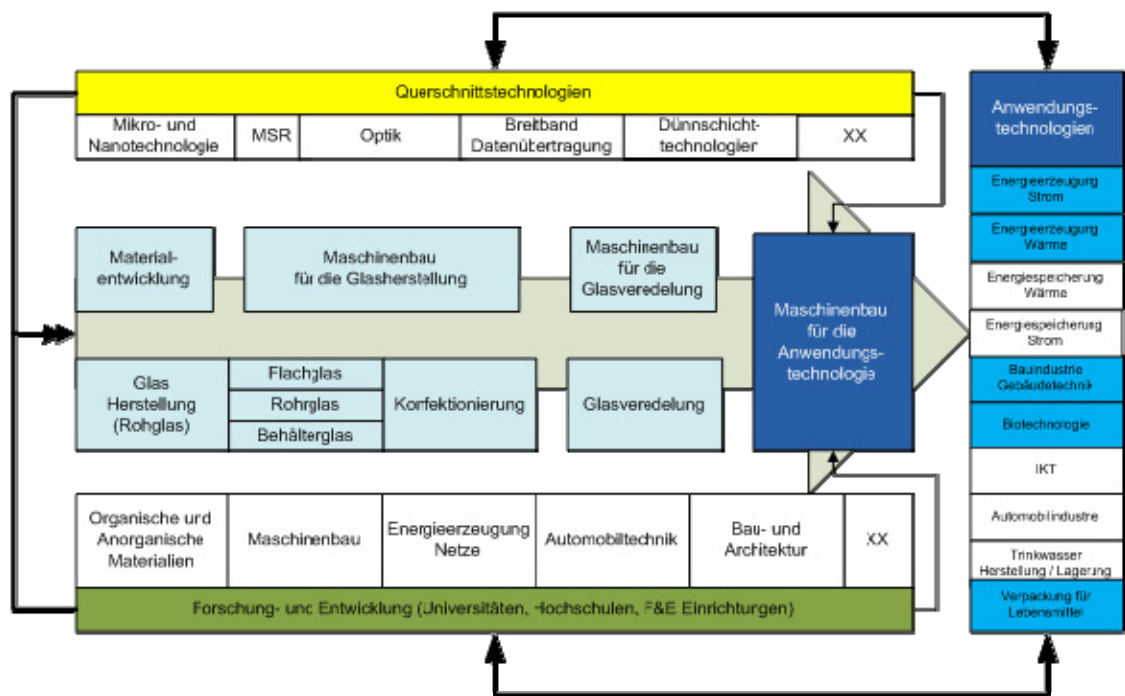


Abbildung 74: Verknüpfung Material- und Produktherstellung mit Spezialmaschinenbau in Thüringen am Beispiel Glas

In Verbindung mit dem hohen Entwicklungspotenzial, das sich aus den technologischen und Markt betrachtungen für die Keramik- und Glasbranche insbesondere für Wachstumstechnologien ergibt (siehe Tabelle 1 Berger 2011/Tabelle 18 Berger 2011/(Abbildung 72) ergeben sich erhebliche Wachstumschancen für diese Querschnittstechnologien (siehe Chancen).

Als Besonderheit für die Glasherstellung ist herauszustellen, dass Rohstoff- und Energieressourcen dafür in Thüringen vorhanden sind und hier auch der Aspekt des Recycling bereits jetzt eine dominante, für die Zukunft weiter an Bedeutung zunehmende Rolle spielt.

Für die Thüringer Akteure bestehen etablierte Netzwerkstrukturen, die in der Vergangenheit bereits erfolgreich größere geförderte Innovationsvorhaben akquirieren konnten (BMBF Regionale Innovative Wachstumskerne) und/oder gegenwärtig in entsprechenden Prozessen involviert sind (Zwanzig 20, Unternehmen Region).

➤ **Schwächen**

Insbesondere im Vergleich zu den großen nationalen und internationalen Wettbewerbern schlägt die Kleinteiligkeit der Unternehmensstruktur in Thüringen negativ zu Buche. Zwar haben sich alle Unternehmen im Zuge der Restrukturierungsprozesse durch Spezialisierung und Anpassung an den Bedarf ihrer jeweiligen Kunden gut etabliert. Allerdings ist im Hinblick auf die Finanzierung des Wachstums und auch die Herausforderungen bei der noch stärkeren Internationalisierung die Kleinteiligkeit von Nachteil. Nachdem eine Reihe von Firmen aus dem KMU-Status herausgewachsen ist und damit keine oder nur noch eingeschränkte Förderfähigkeit besteht, besteht Bedarf an intelligenten Finanzierungsinstrumenten. Das gilt umso mehr, als in einigen Unternehmen z. T. noch mit veralteten Fertigungstechniken gearbeitet wird, während Firmen mit finanzstarken Partnern außerhalb Thüringens in der Regel bereits umfangreich und in der Breite in neue Gebäude und Ausrüstungen investiert haben.

Ein wesentlicher strategischer Nachteil für die Keramik/Glas-Branche in Thüringen besteht darin, dass keine Systemhersteller entlang der Wertschöpfungskette in Thüringen selbst existieren und somit die Entscheidungskompetenz für innovative Entwicklungen und Anwendungen häufig nicht in Thüringen liegt (gemäß 4.6. erfolgt die nächste Wertschöpfungsstufe nur zu 16 bzw. 17 % in Thüringen).

Weitere Schwächen (und damit Risiken) bestehen in einigen Unternehmen hinsichtlich der Unternehmensnachfolge. Das gilt besonders für die Unternehmen, die seit 1990 durch Neugründung (ohne externe Gesellschafter bzw. Finanzierungspartner) entstanden sind und in denen jetzt die Nachfolge der Gesellschafter offen ist. Damit besteht im Negativfall das Risiko, dass der geschaffene Status (Technologien/Produkte/Marktetablierung) für Thüringen nicht nachhaltig weiterverfolgt werden kann (Verkauf an externe Interessenten und Abzug der Technologie und Kompetenzen außerhalb Thüringens). Abschließend sei als negativ zu Buche schlagender Aspekt das „low-tech“-Image von Keramik und Glas als traditionelle Werkstoffe erwähnt, was – nicht nur im Thüringer sondern auch im nationalen und internationalen Maßstab – der Bedeutung dieser Materialien als Enabling Technology für viele Wachstumsbranchen nicht gerecht wird.

➤ **Chancen**

Die im Rahmen dieser Potenzialstudie durchgeführten Recherchen und Analysen weisen generell ein hohes Marktpotenzial für Innovationen im Bereich Keramik/Glas insbesondere in den Wachstumsbereichen Energie/GreenTech/Effizienz, MAB, MST, Optik, MedTech und Automotive aus, wobei eingeschätzt werden kann, dass auf Grund der Vielfalt der Anwendungsbranchen die Krisenanfälligkeit dieser Branche reduziert wird.

Für die Realisierung dieser Wachstumspotenziale ist der Ausbau der Kooperation Industrie – Industrie und Industrie – FuE entlang der Wertschöpfungsketten essentiell. In der folgenden Abbildung 69 wird versucht, die komplexen Kooperationschancen und –risiken für die Keramik- und Glaswertschöpfungsketten darzustellen.

Generell sind die Keramik- und Glashersteller auf eine enge Kooperation mit Partnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette angewiesen. Das beginnt bei der Auswahl, Herstellung, Aufbereitung, Weiterentwicklung und Lieferung zweckentsprechender spezifischer Roh- und Hilfsstoffe und betrifft im Herstellungs- und Verarbeitungsprozess eine Vielzahl von Maschinen- und Anlagenbauern (Mischen, Mahlen, Granulieren, Pressen, Foliengießen, Spritzgießen/Werkzeugbau, Pastenverarbeitung/Siebdruck, komplexe thermische Prozesstechnik, Grünbearbeitung, Hartbearbeitung, Finishing, Beschichtung/Oberflächenmodifizierung, um nur einige wesentliche Aspekte zu nennen), die für die Weiterentwicklung der Technologien, Werkstoffe und Produkte essentiell sind, gleichzeitig aber auch ihrerseits bzgl. des komplexen Know How von der Kooperation mit der Keramik- und Glasindustrie profitieren (Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit).

Im Hinblick auf die auch im Thüringer wirtschaftlichen Gesamtkontext angestrebte Erhöhung der Wertschöpfung dieser Branche gebührt der Schnittstelle zwischen Komponenten- und Bauteilherstellung und den nächsten Wertschöpfungsstufen, die sich zumeist über Baugruppen bzw. Subsysteme bis hin zur Systemintegration ziehen, besondere Bewertung. In aller Regel erfolgt zwischen dem Hersteller der keramischen oder Glasbauteile bzw. Komponenten und deren Kunden eine enge Kooperation im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Werkstoffeigenschaften bzw. weitere komplexe innovative Herausforderungen (Geometrie, Präzision, Zuverlässigkeit, spez. funktionelle Anforderungen u. s. w.). Über diesen Prozess haben sich nahezu alle Thüringer Industrieakteure erfolgreich am Markt etabliert. Die Erhöhung der Wertschöpfung gelingt allerdings mit dem direkten Kunden entlang der WS-Kette in der Regel

nicht, da hier die Gefahr der Kannibalisierung der Kunden besteht (roter Pfeil). Andere Akteure haben die Erfahrung gemacht, dass Kunden den Entwicklungsaufwand für eine innovative Lösung (Werkstoff/Bauteil/Prozesstechnik) dem potenziellen Lieferanten aufbürden, um anschließend die Lösungen in Billigländern produzieren zu lassen.

Erfolgversprechender scheint die Zusammenarbeit mit dem übernächsten Partner in der WS-Kette (Systemhersteller – dunkelgrüner Pfeil). Wenn es hier gelingt, komplexere Innovationen zu bewältigen, bestehen gute Chancen, in der Zukunft auch selbst eine höhere Wertschöpfung zu realisieren (Akteure erwarten über diesen Weg z. T. eine Verdoppelung ihres Umsatzes in der jeweiligen Produktgruppe).

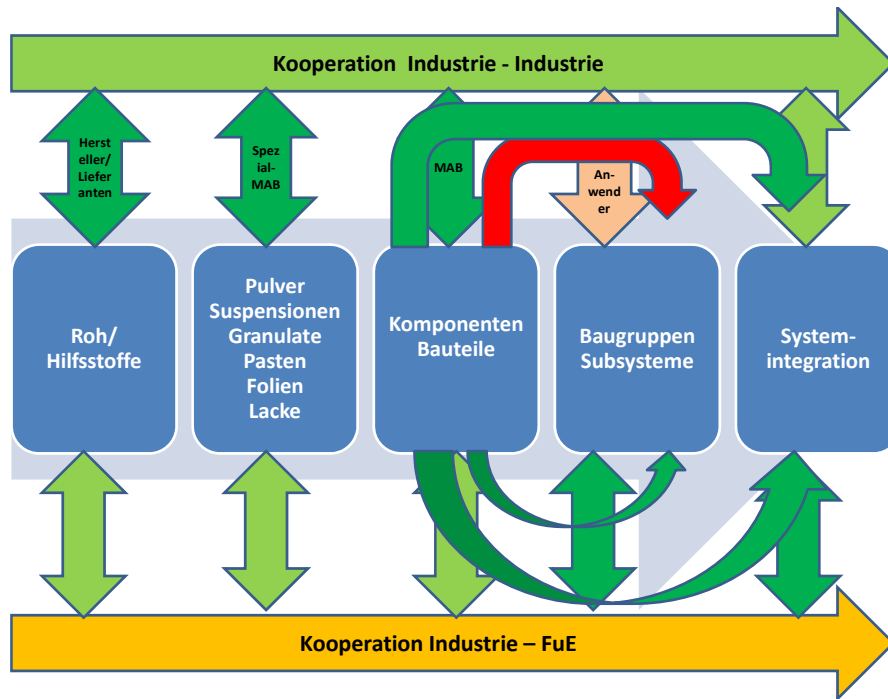


Abbildung 75: Kooperationschancen und –risiken entlang der Wertschöpfungskette für Keramik – Glas in Thüringen

Im Hinblick auf die Kooperation der Industrie mit externen FuE-Partnern bietet sich – besonders in Anbetracht der bereits gut etablierten Netzwerkstruktur für diese Branche in Thüringen – auch zukünftig weiterhin die Zusammenarbeit entlang der gesamten WS-Kette an. Hier wurden und werden bereits umfangreiche FuE-Projekte auf der Ebene der drei unteren WS-Stufen bearbeitet. Für Thüringen wäre allerdings eine stärkere Systementwicklung/Integration entlang der WS-Kette durch strategische Kooperation zwischen den Clustern und Netzwerken der Anwendungsindustrie GreenTech, MST, Optik, MedTech und Automotive sowie im Bereich FuE mit Partnern, die an innovativen Systemlösungen arbeiten (wie z. B. die TU Ilmenau) möglich und im Sinne einer schrittweisen Erhöhung des Wertschöpfungsniveaus der Thüringer Wirtschaft dringendst anzustreben. Methodisch neuartige Ansätze finden sich unter anderem in den Bewerbungen für die BMBF-Ausschreibung Zwanzig20 zur Thematik **BATTERIE 2.0** Skalierbare, nachhaltige, elektrische Energiespeicher, die unter Konsortialführung der Friedrich-Schiller-Universität Jena durch das gemeinsam von FSU, Institut für Organische und makromolekulare Chemie IOMC und dem Fraunhofer IKTS, IT Hermsdorf betriebene CEEC Center for Energy and Environmental Chemistry erarbeitet und eingereicht wurde.

Derartige Ansätze sollten zur Erhöhung der Sichtbarkeit und vor allem der industriebezogenen Wirksamkeit der Ausbildungs- und FuE-Standorte durch verstärkte Bündelung entlang virtueller Wertschöpfungsketten orientiert an innovativen Leitprojekten zielgerichtet ausgebaut werden, was sich u. a. zusätzlich auch durch die demografischen Effekte sowie die zukünftigen Herausforderungen zur Finanzierung in diesem Bereich erzwingt.

Grundsätzlich bestehen auf Grund der verkehrstechnisch günstigen Lage Thüringens auch Chancen durch gezielte Ansiedlungen. Bisher sind jedoch diesbezüglich keine wirkungsvollen Maßnahmen realisiert worden, so dass sich das Branchenwachstum bisher im Wesentlichen aus endogenen Potenzialen umgesetzt hat. Die im Rahmen dieser Studie geführten Detailinterviews haben für die Keramik auch keine expliziten Empfehlungen für Ansiedlungen ergeben, was vor allem aus der Breite der Anwendungsbranchen resultiert; es gibt nicht den Keramikanwender, durch dessen Ansiedlung ein breites Kooperationsspektrum abgedeckt werden könnte.

Größere Innovationsschübe und Beschäftigungseffekte könnten realisiert werden, wenn Ansiedlungen gelingen, denen eine innovative Basistechnologie zugrunde liegt, die zu bestehenden industriellen und FuE-Kompetenzen in Thüringen kompatibel ist. So bestehen bereits Kontakte auf Ebene der LEG mit dem US-amerikanischen Hersteller von Brennstoffzellensystemen Fuel Cell Energy FCE, der gemeinsam mit dem Fraunhofer IKTS in Dresden ein Tochterunternehmen FCES Fuel Cell Energy Systems gegründet hat, das zur Realisierung des Markteintritts in Europa Hermsdorf als relevanten Standort für eine Ansiedlung ins Auge fasst.

Aus ähnlichen Erwägungen wurde im Rahmen dieser Studie für die Glasindustrie die Empfehlung ausgesprochen, die Ansiedlung eines Herstellers von Dünnglas/Flachglas in Thüringen zu evaluieren, um zukünftig auf Basis der vorhandenen Netzwerke (u. a. Maschinen- und Anlagenbauer) das Zukunftspotenzial dieser innovativen Technologie für die Industrie des Freistaates teilweise ausschöpfen zu können. Weitere Potentiale bieten sich durch Ausgründungen von Neuentwicklungen z. B. aus wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen wie der Fraunhofer Gesellschaft. Bereits in der Vergangenheit wurde z. B. aus dem ehemaligen HITK gemeinsam mit der Thüringer Firma Rauschert die Firma inopor, die weltweit einzigartige keramische Nanofiltrationen herstellt ausgegründet. Gegenwärtig sind im Fraunhofer IKTS, IT Hermsdorf – ebenfalls gemeinsam mit Thüringer und weiteren externen Partnern – Bestrebungen im Gange, eine Fertigung von mischleitenden keramischen Membranen für die Hochtemperatur-Sauerstoffanreicherung auszugründen und in Hermsdorf anzusiedeln.

Als eine wesentliche Herausforderung muss aus der Analyse der Bedarf an kreativen Finanzierungs- und Unternehmensstrukturen zur weiteren Gewährleistung des endogenen Wachstums der kleinteilig strukturierten Unternehmen abgeleitet werden (siehe auch Schwächen und Risiken). Kleinteiligkeit der Wirtschaft, z. T. ungeklärte Unternehmensnachfolge, Finanzierungsbedarf für Wachstum sowie Internationalisierung sind Triebkräfte, die nach kreativen Lösungen suchen, bei deren Findung und Implementierung durch die Wirtschaftspolitik des Freistaates durchaus erforderliche Rahmenbedingungen geschaffen werden könnten (Taskforce, Unternehmensberatung, Finanzierungsinstrumente, Modellprojekte u. s. w.).

➤ Risiken

Aus dem bereits oben Dargestellten resultieren die Risiken für die Thüringer Technologielandschaft, wenn es nicht gelingt, den Herausforderungen aktiv zu begegnen. Kleinteiligkeit und mangelnde kritische Masse der Unternehmen wird in der Zukunft zu zunehmenden Problemen bei der Finanzierung des Wachstums führen. So wird eingeschätzt laut Bundesverband deutscher Banken 2013: *„angesichts der eingeschränkten Risikoübernahmemöglichkeiten der Kreditwirtschaft durch Basel III ... zukünftig jedoch gerade Betrieb mit mittlerem Rating (somit die meisten KMU) mit höheren Finanzierungskosten oder Anforderungen an Sicherheiten zu rechnen haben. Auch Finanzierungen, die per se risikoreicher sind – wie Existenzgründungen, Unternehmensnachfolgen und Innovationen –, werden voraussichtlich schwerer.“* Abweichend soll in der EU und BRD der sog. Mittelstandskompromiss fortentwickelt und ausgeweitet werden, so dass die Bedingungen gegenüber Basel II quasi unverändert bleiben unter der Voraussetzung eines Umsatzes des Kreditnehmers von < 50 Mio. € und einem Forderungsvolumen < 1,5 Mio. € (Bundesverband deutscher Banken 2013).

In den Fällen offener Unternehmensnachfolge in KMU bestehen Risiken hinsichtlich der Erhaltung von Arbeitsplätzen und Know How in Thüringen.

Geeignete Unternehmensansiedlungen sind nur selektiv angezeigt und unterliegen – wie in der Vergangenheit gezeigt – erheblichen Risiken einer erfolgreichen Realisierung.

Die Thüringer Industrie weist nach wie vor eine relativ geringe Sichtbarkeit auf Auslandsmärkten auf,

wodurch in Kombination mit den anderen Risikofaktoren die Internationalisierung erschwert wird. Insgesamt ist nach wie vor die Gefahr der Abwanderung junger hochqualifizierter Menschen relativ hoch. So planen laut einer aktuellen Studie der Universität Maastricht rund 60 % der Studierenden für den Beruf aus Thüringen wegzugehen (Studitemps 2013))

Langfristig besteht letztlich das Risiko, dass im Falle des Niedergangs der entsprechenden Industrie ohne Fertigungstechnologie die Aufrechterhaltung von FuE-Kapazitäten keinerlei Relevanz mehr hätte.

6.2. Portfolio der Wachstumspotenziale für Keramik und Glas in Thüringen

Im Ergebnis der vorliegenden Potenzialstudie wurde eine aktualisierte Einschätzung der grundsätzlichen Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder für Keramik und Glas gemäß Studie von Roland Berger im Vergleich zu den dort getroffenen Einschätzungen für die (gemischte) „Branche“ Kunststoffe/Keramik vorgenommen, die in der vergleichenden Tabelle dargestellt ist.

Die besonders herausragenden Potenziale für Keramik und Glas im Vergleich zur Gesamteinschätzung Kunststoffe/Keramik in den Nachfragefeldern

- Energieeffizienzlösungen
- Nachhaltige Energieerzeugung und –Speicherung sowie
- Rohstoff/Materialeffizienz

sind signifikant.

	Vorsorge/ Gesundheit	Energieeffizienz- lösungen	Rohstoff/ Materialeffizienz	Nachhaltige Energie- erzeugung und Speicherung	Entsorgungs- und Recycling- Lösungen	Wasser- wirtschaft	Materialtech- nik	Verkehr/ Logistik	Steu- rungs- und Rege- lungs- lösungen	IKT	Lebens- mittel- technik	Erkenn- ungs- und Identifi- kations- lösungen	Moleku- larbiolo- gische Lösungen
Keramik	++	+++	++	+++	++	+++	+++	++	++	+	+		+
Glas		+++		++	+++	+++	+++			++	+		

	Vorsorge/ Gesundheit	Energieeffizienz- lösungen	Rohstoff/ Materialeffizienz	Nachhaltige Energie- erzeugung und Speicherung	Entsorgungs- und Recycling- Lösungen	Wasser- wirtschaft	Material- technik	Verkehr/ Logistik	Steu- rungs- und Rege- lungs- lösungen	IKT	Lebens- mittel- technik	Erkenn- ungs- und Identifi- kationslö- sungen	Moleku- larbiolo- gische Lösungen
Kunststoffe /Keramik	+++	+	+	+	+	+++	+++	+++	+	+	+		

Tabelle 18: Vergleich der grundsätzlichen Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder für Keramik und Glas im Ergebnis der vorliegenden Potenzialstudie (oben) mit den Ergebnissen der Studie von Roland Berger für Kunststoffe und Keramik (unten) in Thüringen Quelle: Berger 2011

Ausgewählte Schwerpunktthemen aus Sicht der Thüringer Akteure sind in der folgenden Tabelle für Keramik und Glas zusammengestellt.

	Keramik	Glas
Vorsorge/Gesundheit	Implantate/Dentalmaterialien/biologisierte Oberflächen/Energieautarke Sensor-Aktor-Systeme	
Energieeffizienzlösungen	Langzeitstabile multifunktionelle Keramikkomponenten für MAB/Hochtemperatur-Wärmespeichermaterialien und Systeme	Isolierverglasung/Architektur-Fassadenverglasung/Dämmstoffe (Fasern und Schäume)
Rohstoff/ Materialeffizienz	Maßgeschneiderte Rohstoffe/Nano- und sub-µm-Partikel für gesteigerte Performance und Reduzierung der Sintertemperatur/Alternative und Substitutionswerkstoffe auf Basis einheimischer Rohstoffe	
Nachhaltige Energieerzeugung und Speicherung	Keramische Membranen und Systeme für stationäre Energiespeicherung/Power to Gas/Biogasseparation/Sauerstoffanreicherung/Bioraffinerie	Photovoltaik / Thermie / Windkraft
Entsorgungs- und Recycling-Lösungen	Keramische Membranen für Prozesswasserrecycling und Wertstoffgewinnung	Geschlossener Verwertungskreislauf / Schadstofffreie Entsorgung / Ressourcenschonung/Reduzierung CO2 Emission
Wasserwirtschaft	Keramische Membranen für Prozesswasserrecycling/Wertstoffgewinnung/Pharma/BioTech	Rohre für Trink- und Abwasserleitungen / Kanäle / Wasserspeicher
Materialtechnik	Pulverprocessing nano-und sub-µm-disperser Pulver/Korngrenzendesign für funktionelle Keramiken/Erhöhung von Festigkeit und Transparenz/Miniaturisierung/Hartbearbeitung extrem großen bzw. extrem kleiner Bauteile/Füge- und Oberflächentechnologien/Hybride und Kompositwerkstoffe/Multimaterialsysteme	Dünne Gläser mit hoher Festigkeit und chemischer Beständigkeit, Beschichtungen (aktiv und passiv)
Verkehr/Logistik	Hartmagnete für Antriebssysteme Piezoaktoren für Einspritzsysteme Integrierte Sensorsysteme unter Extrembedingungen Batterietechnologien für e-Mobilität	
Steuerungs- und Regelungslösungen	Keramische Funktionswerkstoffe und AVT für Sensorik/Aktorik unter Extrembedingungen	
IKT	Sensorik/AVT/funktionelle LTCC Piezoaktoren für Mikropositionierung Leistungsferrite für Hochfrequenztransformatoren	Große Displaybedieneinheiten / Breitbandtechnik / optische Systeme der Lichtleitung und Schaltung
Lebensmitteltechnik	Keramische Membranen	In Verbindung mit leichten Behälterglas
Erkennungs- und Identifikationslösungen		
Molekularbiologische Lösungen	Membranen/Zellbiologie auf modifizierten Oberflächen	

Tabelle 19: Ausgewählte Anknüpfungspunkte an trendinduzierte technologische Nachfragefelder nach Berger 2011 für Keramik und Glas aus Sicht der Thüringer Akteure

Mit dem Ziel, die Vielfalt der potenziellen Innovationsaktivitäten für Keramik und Glas in Thüringen zu markt- und anwendungsfeldbezogenen Komplexen zu bündeln wurden für die Anwendungsbereiche

- Energie – GreenTEch – Ressourceneffizienz – Mobilität und
- Life Science – Mikrosystemtechnik – Optik/Photonik

Portfolio-Darstellungen gewählt, in denen das in Thüringen vorhandene Technologiepotenzial dem zu erwartenden Marktpotenzial gegenübergestellt wurde. Hierbei wurde das Technologiepotenzial in Thüringen unter Zugrundelegung der Erfolgsfaktoren

- F/E-Ressourcen
- Existierende/potenzielle Unternehmen
- Potenzielle Ansiedlungen (hier insbesondere für Dünnglasherstellung)

bewertet.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

Die Größe der Bubbles ist ein relatives Maß für die bestehende bzw. zu erwartende Umsatzrelevanz. Mit den unterschiedlichen Farben wurden die jeweiligen Anwendungskomplexe voneinander abgehoben.

Im Applikationsfeld Energie – GreenTech – Ressourceneffizienz - Mobilität spiegelt sich das relativ hohe zukünftige Marktpotenzial für innovative Material-, Komponenten- aber vor allem Systementwicklungen bei keramischen Batterien und Stromspeichern und anderen auf keramischen Membranen und Katalysatoren basierenden Systemen wider. Bestehende Basis und zukunftsgerichtete Ansätze finden sich hier in Forschergruppen, CEEC, GreenTech-Campus Hermsdorf, Beteiligung Zwanzig20 mit Konzept **BATTERIE 2.0**, Ansiedlungskonzept FCES, Konzept zur Neu- bzw. Ausgründung einer Firma für HT- ionenleitende Keramikmembranen, Projektantrag Power to Gas).

Besonders unter Berücksichtigung der breitgefächerten Kompetenzen um die Bauhausuniversität Weimar einschließlich des IAB gilt des ebenso für den Bereich der ressourcen- und energieeffizienten Gebäudesysteme.

Experten schätzen ein, dass durch die Neuansiedlung eines Herstellers von Flachglas in Thüringen hier für die Zukunft ein weiteres synergetisches Wachstumspotenzial gehoben werden könnte (vorhandene Industrie- und FuE-Kompetenzen, Know How im Bereich Spezial-MAB).

Die bereits existierenden Felder Keramische Magnete, Komponenten für den Maschinen- und Anlagenbau, Überspannungsableiter und Glasfasern werden weiterhin stabil mit einer durchschnittlichen Rate wachsen.

Im Anwendungsfeld Life Science, Mikrosystemtechnik und Optik/Photonik müssen neben dem wiederum hohen Potenzial der keramischen Membranen und des Glases (hier vor allem Rohrglas) besonders die bisher noch nicht ausgeschöpften Synergie- und Systemintegrationspotenziale im Überlappungsbereich der innovativen Materialien mit Mikrosystemtechnik, Optik/Photonik und MedTech deutlich ausgebaut werden. Hier könnten bei intensiverer Cluster- bzw. Netzwerkübergreifender Kooperation zukünftig mehr Innovationen mit Alleinstellungsmerkmalen in Thüringen entwickelt und marktwirksam gemacht werden.

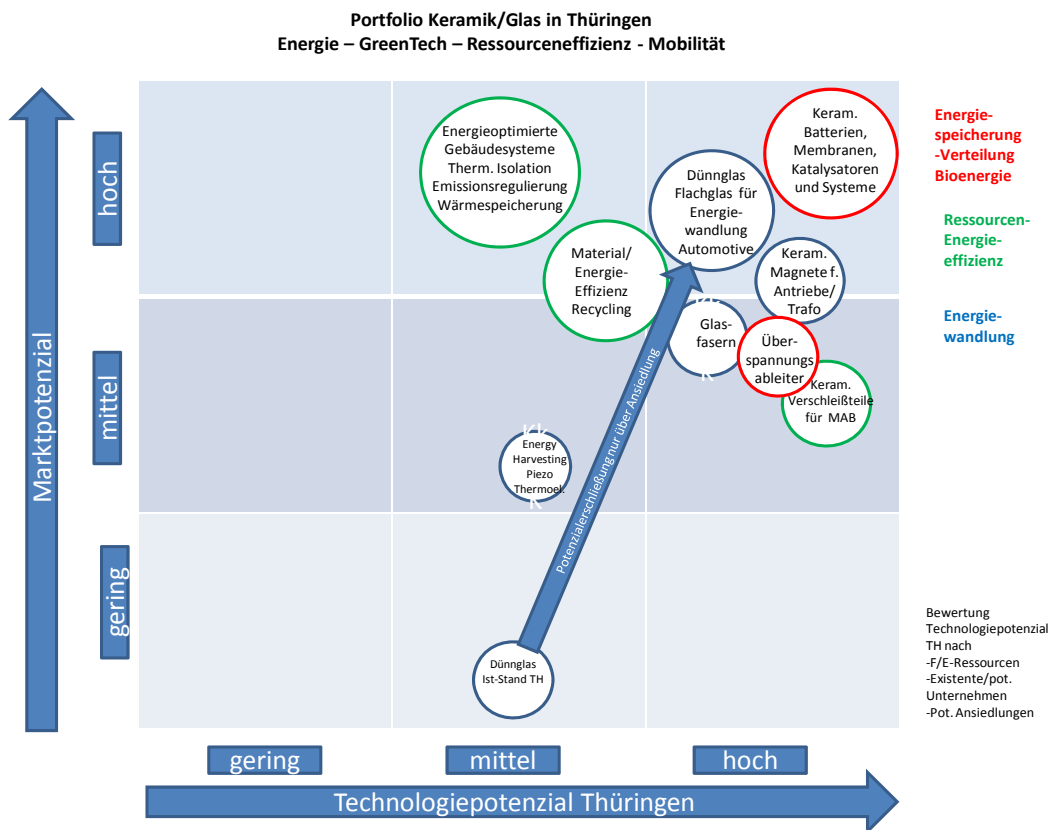


Abbildung 76: Portfolio Keramik/Glas in Thüringen Energie – GreenTech – Ressourceneffizienz - Mobilität

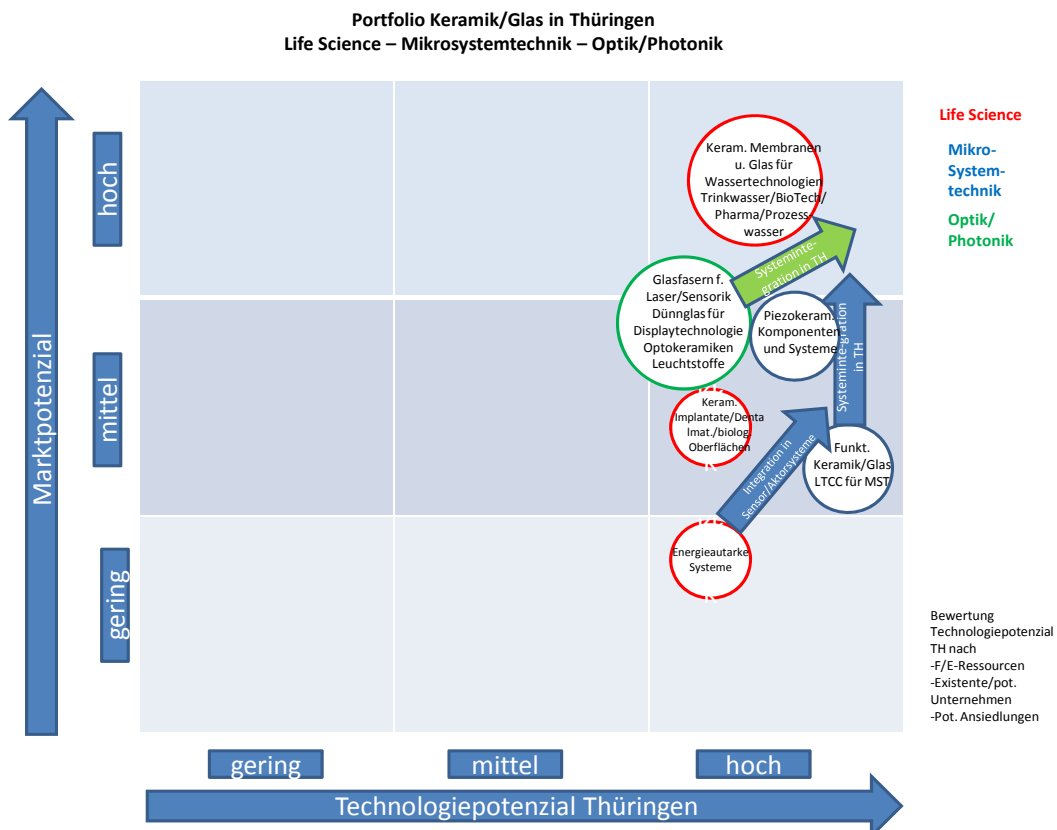


Abbildung 77: Portfolio Keramik/Glas in Thüringen Life Science – Mikrosystemtechnik – Optik/Photonik

7. Schlussfolgerungen und Vorschläge zur Ableitung von Maßnahmen der Wirtschaftspolitik des Freistaates Thüringen

In diesem Kapitel sollen abschließend die wesentlichen Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Potenzialanalyse zusammengefasst und damit entsprechende Handlungsempfehlungen für die Wirtschafts – und Wissenschaftspolitik des Freistaates abgeleitet werden.

Zunächst soll versucht werden, in einem Portfolio die komplexen Herausforderungen und Chancen zur Erhöhung der Wertschöpfungsstufen über Systemansätze auf Basis der Thüringer Industrie- und FuE-Kompetenzen im Bereich Keramik/Glas zusammenzufassen. Dazu wurden die wesentlichen Innovationsansätze hinsichtlich ihrer jeweiligen Komplexitätsanforderungen und Wertschöpfungspotenziale eingeordnet.

Neben den Unternehmen in den klassischen Feldern der mittleren Wertschöpfung, die auf Basis kontinuierlicher Innovationen im Bereich der Prozesstechniken und Werkstoffe ihr Wachstum weiter vorantreiben werden, ist hier vor allem auf das strategische Potenzial durch Systemintegration in Thüringen in den Bereichen Energie/GreenTech und MedTech/Opto/MST im Sinne von Smart Systems basierend auf intelligenten Materialinnovationen hinzuweisen. Dieses zu erschließen fordert von allen potenziell beteiligten Partnern ein höheres Maß an Kooperationsbereitschaft. Ausgangspunkt dafür sollte eine stärkere Cluster- bzw. netzwerkübergreifende Arbeit – gesteuert durch das ThCM – sein, wozu der laufende RIS3-Prozess der EU zwingende Rahmenbedingungen erfordert.

Dieser Systemintegrationsprozess sollte zur Sicherung des kontinuierlichen wissenschaftlichen Vorlaufs im Bereich der Materialien begleitet werden von einer entsprechenden Grundlagen- und angewandten Forschung im Bereich der Smart Materials, hier insbesondere die Topics einheimische bzw. neue maßgeschneiderte Rohstoffe, Funktionswerkstoffe und Materialherstellung und Processing (das gilt im Übrigen in gleicher Weise für die Klasse der organischen Materialien bzw. Kunststoffe, zu denen überdies eine Reihe interessanter Synergie- und Zukunftspotenziale bestehen, die nur durch Überwindung der Abgrenzung zwischen den Materialklassen erschlossen werden können; siehe dazu erfolgreiche Ansätze im Rahmen CEEC).

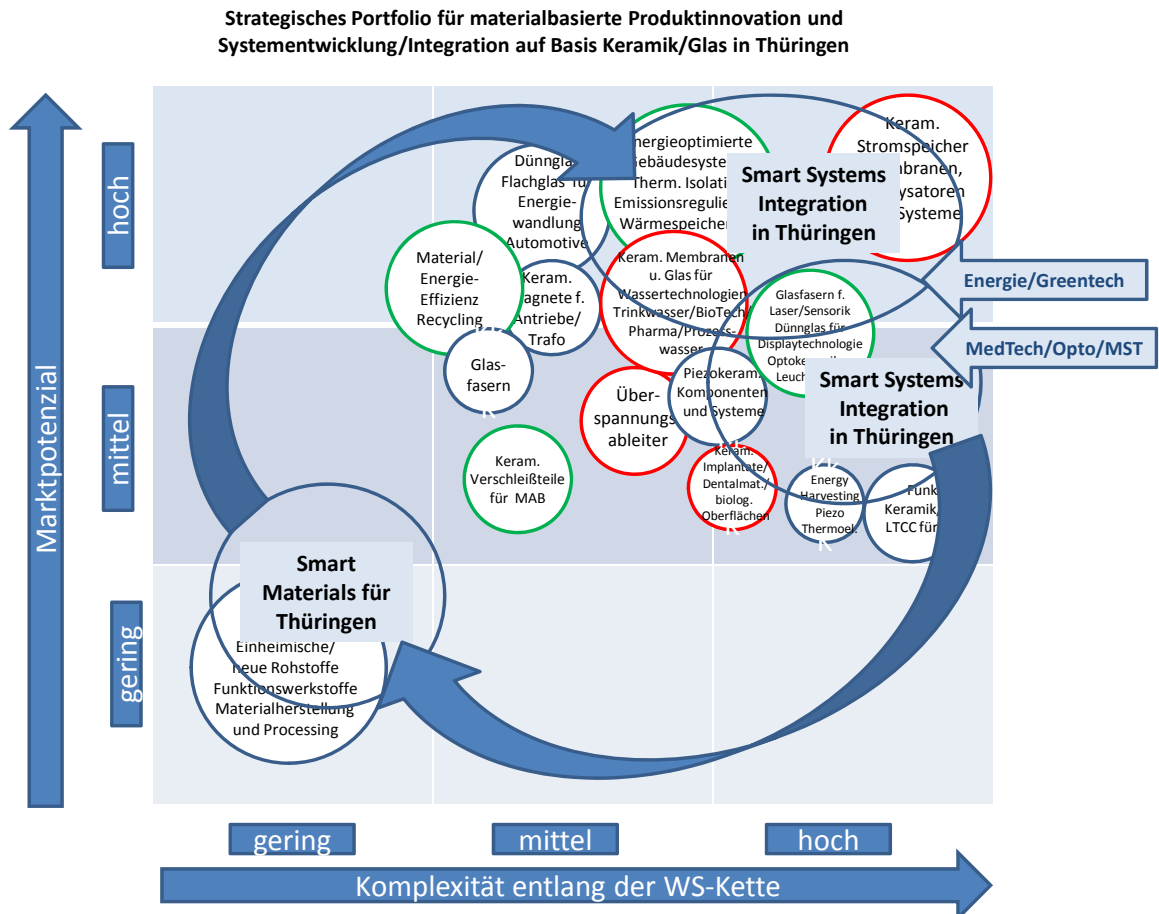


Abbildung 78: Strategisches Portfolio für materialbasierte Produktinnovation und Systementwicklung/Integration auf Basis Keramik/Glas in Thüringen

Mit den beiden folgenden Abbildungen sollen Handlungsempfehlungen zusammenfassen, die sich jeweils auf die kurz-, mittel- und langfristigen Prioritäten für die beiden Komplexe

- Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge und
- Cluster/Netzwerke/Kooperation Industrie/FuE

beziehen.

**Kurz/mittel/langfristige Prioritäten
Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge**

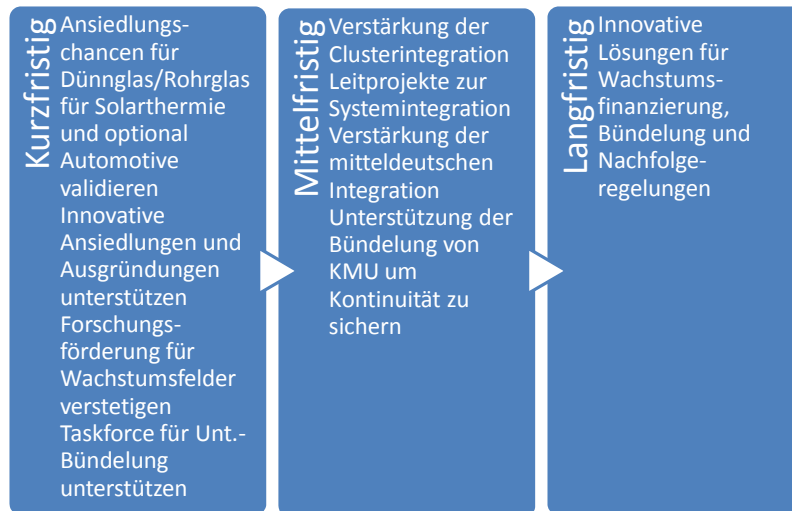


Abbildung 79: Kurz/mittel/langfristige Prioritäten Ansiedlung/Wachstumsfinanzierung/Unternehmensnachfolge

**Kurz/mittel/langfristige Prioritäten
Cluster/Netzwerke/Kooperation Unternehmen/FuE**

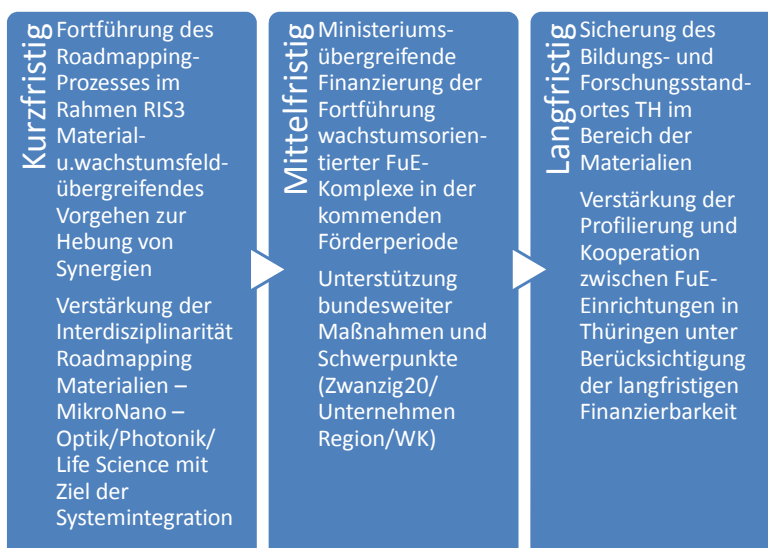


Abbildung 80: Kurz/mittel/langfristige Prioritäten Cluster/Netzwerke/Kooperation Unternehmen/FuE