

Industriepolitik



Innovationsprozesse in der keramischen Industrie - Möglichkeiten und Grenzen der Mitarbeiterbeteiligung

Ein Studie im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung

- Vielfalt als Markenzeichen: Die keramische Industrie in Zahlen
- Marktstruktur und Qualität
- Innovationsstrategien und -aktivitäten
- Innovationsprozesse aus der Perspektive von Betriebsräten
- Arbeitspolitische Implikationen

Vorwort

Seit der Frühgeschichte der Menschheit sind keramische Werkstoffe Schlüsselfaktoren innovativer Produkte und Prozesse. Viele Menschen verbinden mit Keramik zunächst Haushaltsporzellan, Sanitärgegenstände oder Ziegel und Fliesen. Heutzutage gibt es indessen umfangreichere Einsatzgebiete der Keramik, z.B. in Auto-Katalysatoren, als Werkstoff für medizinische Güter wie künstliche Hüften und Kniegelenke, als Puffer für chemische Reaktionen sowie als Isolator bei Zündkerzen und elektrische Freileitungen. Wesentliche Anwendungsfelder dieser technischen Keramiken sind die Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik, die Energie- und Umwelttechnologie sowie der Maschinen- und Anlagenbau.

Bereits diese wenigen Charakterisierungen deuten auf die bemerkenswerte Vielfalt des keramischen Wirtschaftszweiges hin. In den überwiegend mittelständischen Unternehmen der sehr heterogenen deutschen keramischen Industrie arbeiten damit insgesamt rund 35.000 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer.

Konkurrenzfähigkeit wird im zunehmenden Maße durch die Faktoren Technologie und Innovation bestimmt. Modernisierung findet in der Branche seit längerem in allen oben erwähnten Feldern statt. Vorrangige Ziele der Innovationsaktivitäten der keramischen Unternehmen sind, neue und bessere Produkte zu entwickeln, Fertigungsverfahren zuverlässiger zu machen, Energie und Materialkosten zu senken sowie neue Absatzmärkte zu erschließen.

Der Mitgestaltung innovationsförderlicher Rahmenbedingungen im Betrieb durch Betriebsräte und Aufsichtsräte kommt in der keramischen Industrie eine bedeutende Rolle zu. Die vorliegende Studie bestätigt, dass Mitbestimmungsträger im betrieblichen Innovationsgeschehen als Mitgestalter eingebunden sind.

Ein allein technisch orientiertes Verständnis von Innovation reicht nicht mehr aus. Prozess- und Netzwerkfähigkeiten sowie die Berücksichtigung der Anforderungen der Kunden haben für die Entwicklung und Realisierung von Innovationen eine immer größere Bedeutung. Damit bekommt das Management von Innovationen einen größeren Stellenwert. Die Träger der Mitbestimmung haben in diesem Zusammenhang eine wichtige Funktion inne, weil sie betriebsinterne wie –externe Aspekte miteinander verbinden können. Sie sind Vertreter eines breiten, modernen Innovationsverständnisses.

An dieser Stelle gilt unser Dank der Hans-Böckler-Stiftung. Sie hat diese Studie finanziert und möglich gemacht. Unser besonderer Dank gilt Werner Voss, der diese Studie im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung und in Kooperation mit der Industriegewerkschaft Bergbau Chemie, Energie mit großer inhaltlicher Kompetenz und Sorgfalt verfasst hat.

Michael Vassiliadis

Vorsitzender

Industriegewerkschaft Bergbau Chemie, Energie

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	4
1 Einleitung	6
2 Vielfalt als Markenzeichen: Die keramische Industrie in Zahlen	10
2.1 Die keramische Wertschöpfungskette	11
2.2 Entwicklungen im industriellen Herstellungsprozess	12
2.3 Veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen nach dem Ende des Ost-West-Konfliktes	14
2.4 Die keramische Industrie zu Beginn des neuen Jahrzehnts	17
2.4.1 Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren	21
2.4.2 Produktion von keramischen Baumaterialien	24
2.4.3 Herstellung von Porzellan und keramischen Erzeugnissen	26
2.4.4 Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke	29
2.5 Hoher Energiebedarf und CO ₂ -Emissionsausstoß	31
3 Marktstruktur und -qualität	33
3.1 Stellung der deutschen Keramikindustrie in der EU	33
3.2 Internationales wirtschaftliches Umfeld	34
3.2.1 Stärken-Schwächen-Analyse	34
3.2.2 Risiken - Chancen	36
4 Innovationsstrategien und -aktivitäten	39
4.1 Forschungspolitische Strategien und Strukturen	39
4.2 Forschungsstrategische Initiative für die technische Keramik	40
4.2.1 Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik	42
4.2.2 Energie und Umwelt	45
4.2.3 Maschinen- und Anlagenbau sowie Fertigungstechnik	49
4.3 Keramik und Nanotechnologie	52
4.4 Medizinische Anwendungen	54
4.5 Energie- und Ressourceneffizienz	56
4.5.1 Innovative Technologien für Ressourceneffizienz	56
4.5.2 Senkung des Energieverbrauchs durch Halbzeuge aus PT- Keramiken	57
4.5.3 Strom aus keramischer Prozesswärme	58
4.6 Zusammenfassende Beurteilung	59
5 Innovationsprozesse aus der Perspektive von Betriebsräten	60
5.1 Interessenvertretungen im Innovationsprozess	60
5.2 Betriebsräte-Befragung in der keramischen Industrie 2012	64
5.2.1 Daten zur Stichprobe	65
5.2.2 Selbsteinschätzung der Mitbestimmungsträger bei Innovationen	65
5.2.3 Zukunftsthemen des Unternehmens	69
5.2.4 Themen der Betriebsratsarbeit	71

5.3	Fazit.....	72
6	Schlussfolgerungen - arbeitspolitische Implikationen	74
	Kurzfassung	

- Keramische Erzeugnisse haben sich in den letzten Dekaden zu Schlüsselfaktoren für Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen entwickelt. Die immense Bedeutung - speziell der technischen Keramik - kommt im Rahmen der offiziellen Statistik wegen der Herausforderungen, den Bereich präzise abzugrenzen, nicht in vollem Umfange zum Ausdruck. Wegen der zahlreichen Kooperationsbeziehungen zu Forschungseinrichtungen besteht auch die Gefahr, dass die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Sektors unterschätzt werden.
- Mit rund 5,4 Mrd. EUR Umsatz sowie ca. 33.000 Beschäftigte 2011 zählte die vielfältig ausgerichtete Keramikindustrie zu den kleineren Wirtschaftszweigen in Deutschland.
- Unternehmen der technischen Keramik sind international führend. Auch in einigen anderen keramischen Sparten verbergen sich „hidden champions“. Der Exportanteil ist in der Regel hoch.
- Aufgrund technologischer Entwicklungen und der Öffnung der Märkte nach dem Ende des Ost-West-Gegensatzes haben konsumnahe Sparten der deutschen und europäischen keramischen Industrie in größerem Umfange Restrukturierungsprozesse vollzogen. Diese Prozesse führten zu einem erheblichen Abbau der Arbeitsplätze.
- Einige kleine und mittelständische Betriebe der technischen Keramik sowie der Ziegelindustrie gingen in internationalen Unternehmensgruppen auf. Neben den Forschungseinrichtungen bestimmen sie mittlerweile vielfach zu großen Teilen das (Innovations-)Geschehen des Wirtschaftssegments.
- Seit einiger Zeit stellt die Verringerung des Energie- und Materialeinsatzes eine große Herausforderung für die keramischen Unternehmen dar; vor allem um Kosten zu senken und klimapolitische Vorgaben zu erfüllen.
- Forschung und Entwicklungen wird derzeit intensiv zu allen keramischen Werkstoffen betrieben. Stetig werden bekannte Werkstoffe optimiert, neuartige Materialien generiert und neue Anwendungen erschlossen.
- In konsumnahen Keramik-Segmenten konzentrierten sich diese Aktivitäten vorrangig auf Verfahrens- und Prozesstechniken. Zudem stehen Fragen des Designs im Vordergrund. Die in den letzten Dekaden stattgefundene Steigerung der Produktivität verdeutlicht, dass viele Unternehmen keine innovative Schwäche, sondern eher ein nachfrageseitiges Wachstumsproblem hatten und weiterhin teilweise haben.
- Mit der Strategieinitiative Hochleistungskeramik 2025 liegt für die technische Keramik eine Innovations-Roadmap für die nächsten Jahre vor. Einerseits werden der innovative Charakter sowie der vielfältige Nutzen der keramischen Güter und Zwischenprodukte deutlich. Andererseits unterstreicht der Forschungsrahmen die engen Verbindungen und Netzwerke zwischen Forschung, Entwicklung und Fertigung am Standort Deutschland.

- Staatlicherseits wird diese Infrastruktur durch Forschungs- und Entwicklungsförderung gestärkt. Die Ergebnisse kommen dabei nicht nur der technischen Keramik, sondern häufig dem gesamten Wirtschaftszweig durch Nebeneffekte und Transfers (den sog. spin-offs und spill-overs) zu Gute. Darüber hinaus profitieren viele weitere Wirtschaftszweige indirekt von den innovativen Beiträgen der keramischen Industrie.
- Eine im Frühjahr 2012 durchgeführte Betriebsräte-Umfrage verdeutlichte das starke Engagement der Mitbestimmungsseite in Innovationsthemen. Unter Beachtung ihrer Rolle bremsen Betriebsräte Produktneuerungen und Prozessoptimierungen nicht, sondern sind oftmals Impulsgeber und Umsetzungshelfer.
- Wesentliche Ergebnisse der Befragung waren:
 - Zwei Drittel der Betriebsräte kümmern sich „sehr aktiv“ bzw. „aktiv“ um die Nutzung und Verbesserung des Ideenmanagements sowie der Innovationskultur.
 - Vorschläge zu Prozessoptimierungen und verbesserten Arbeitsabläufen dominieren gegenüber Produktinnovationen.
 - Zumindest bei zwei Dritteln der befragten Betriebsräte sind Fragen von Produktverbesserungen und -neuerungen dennoch indirekt präsent. Wesentlicher Grund für die betriebsrätliche Zurückhaltung in diesem Themenfeld könnte die mittlerweile extrem komplexe Innovationskette insbesondere in der technischen Keramik sein.
 - Material- und Energieeffizienz ist derzeit (noch) ein untergeordnetes Thema der Mitbestimmungsseite – trotz Selbstverpflichtung einiger Keramiksegmente.
- Die Betriebsräte-Erhebung verdeutlichte einmal mehr, dass sich das deutsche System der Mitbestimmung im internationalen Wettbewerb als Pluspunkt erweist.
- Energiemanagementsysteme könnten strategisch neue Chancen für die weitere Einbeziehung der Beschäftigten und der Mitbestimmungsakteure in Neuerungsprozesse eröffnen.
- Eine umfassendere Mitarbeit im Rahmen von Innovationssystemen würde allerdings erweiterte Räume und Ressourcen für Beteiligung erfordern. In der Regel bedarf es institutioneller, finanziell unterlegter (Projekt-) Strukturen, um die Unternehmen von der Mitbestimmungsseite in dieser Hinsicht konstruktiv(er) zu unterstützen.

1 Einleitung

Seit der Frühgeschichte der Menschheit sind keramische Werkstoffe Schlüsselfaktoren innovativer Produkte und Prozesse. Viele Menschen verbinden mit Keramik zunächst Haushaltsporzellan, Sanitärgegenstände oder Ziegel und Fliesen. Heutzutage gibt es indessen umfangreichere Einsatzgebiete der Keramik, z.B. in Auto-Katalysatoren, als Werkstoff für medizinische Güter wie künstliche Hüften und Kniegelenke, als Adsorptionsmittel für Schadstoffe, als Puffer für chemische Reaktionen sowie als Isolator bei Zündkerzen und elektrische Freileitungen.

Wesentliche Anwendungsfelder dieser sog. technischen Keramiken bzw. Hochleistungskeramiken sind die Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik, die Energie- und Umwelttechnologie sowie der Maschinen- und Anlagenbau. Für Anwender häufig nicht sichtbar, spielen auf keramischen Werkstoffen basierende Bauteile eine entscheidende Rolle für die Funktionstüchtigkeit wichtiger Produkte und Systeme des Alltagslebens.

In den vergangenen Dekaden sind die Märkte für Komponenten der Hochleistungskeramik in vielen Wirtschaftszweigen mit ihren oftmals einzigartigen Eigenschaften stetig gewachsen. „Dabei sind es durchaus nicht die spektakulären Einsatzfälle, sondern Schlüsselkomponenten, die neue Produkte, neue Technologien oder neue Leistungsparameter ermöglichen und damit neue Marktsegmente öffnen. Basis dafür sind Grundlagenuntersuchungen, die zu einem vertieften Verständnis der Werkstoffe und ihrer Wechselwirkungen mit dem Anwendungsumfeld geführt haben“ (Roosen u.a. 2007a, S. D20).

Demgegenüber verzeichneten andere keramische Wirtschaftssparten - wie z.B. die Fertigung von keramischen Haushaltswaren und Ziergegenständen - in den letzten Jahrzehnten einen gravierenden Anpassungsprozess mit erheblichem Arbeitsplatzabbau.

Bereits diese wenigen Charakterisierungen deuten auf die bemerkenswerte Vielfalt des keramischen Wirtschaftszweiges und ihre jeweiligen Segment bezogenen Spezifika hin. Bei einzelnen Aussagen wären im Folgenden folglich oftmals weitaus größere Differenzierungen und detailliertere Ableitungen nötig. Diese Vertiefungen konnten im Projekt wegen zeitlicher und finanzieller Restriktionen indes nicht immer erfolgen.

Die technologischen Entwicklungen sowie die mit dem Ende des Kalten Krieges einsetzende Internationalisierung haben Teilsegmente des keramischen Sektors - wie der technischen Keramik, der Ziel- und Sanitärindustrie - einschneidend verändert. In Zeiten des Ost-West-Gegensatzes galt, dass die europäische Keramik-Industrie mittelständisch strukturiert ist. Seitdem sind vielfach Betriebe in Kapitalgesellschaften aufgegangen, die an internationalen Börsen notiert sind. Hintergrund der - sicherlich noch nicht vollständig abgeschlossenen - Restrukturierungen ist, dass wesentliche Verfahrensverbesserungen sowie internationale Geschäftsstrategien einer ausreichenden „kritischen“ Unternehmensgröße bedürfen, um den Weltmarkt zu bearbeiten.

Mit der Einbindung in international agierende Wirtschaftsgruppen hat die regionale bzw. nationale Identifizierung vieler Unternehmen abgenommen. Dennoch greifen keramische Betriebe weiterhin auf die vielfältigen Forschungs- und Entwicklungskapazitäten von

Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland zurück. Die zahlreichen kleinen und mittelständischen Unternehmen in Familienbesitz bedienen sich ebenso dieser Wissensnetzwerke.

Im Folgenden wird sich der Innovationskraft des keramischen Sektors angenommen. In der öffentlichen Debatte hat sich im Sinne von Schumpeter bereits seit längerem ein umfassender Innovationsbegriff herauskristallisiert (Schumpeter 2006 [1912]). Ergänzend zu neuen Produkten umfasst danach Innovation ebenfalls andere Fertigungsverfahren (mit neuen Betriebsanlagen), erneuerte Organisationsformen, neue Absatzwege und/oder Servicefunktionen (Kinkel u.a., 2004 S. 11). Diese Neuerungen stellen wiederum andere, ungewohnte Anforderungen an die Kompetenzen der Beschäftigten (vgl. z.B. Staudt 1983, Staudt/Kriegesmann 2002). Innovation in diesem Sinne ist folglich mehr als Forschung und Entwicklung (Kinkel u.a. 2004).

Der umfassende Innovationsbegriff kann auf die keramische Industrie übertragen werden. Modernisierung findet in der Branche seit längerem in allen oben erwähnten Feldern statt. Vorrangige Ziele der Innovationsaktivitäten der keramischen Unternehmen sind, neue und bessere Produkte zu entwickeln, Fertigungsverfahren zuverlässiger zu machen, Energie und Materialkosten zu senken sowie neue Absatzmärkte zu erschließen. Insgesamt sind die Firmen also bestrebt, effizienter und nachhaltiger zu produzieren. Dabei wird im Sinne beteiligungsorientierter Managementkonzepte betrieblich – in unterschiedlichem Umfang – auch auf das spezifische Wissen der Beschäftigten zurückgegriffen.

Welche Rollen die Mitbestimmungsträger im Innovationsgeschehen spielen und welche konkreten Innovationsbeiträge sie leisten bzw. leisten können, bleibt dabei häufig „unterbeleuchtet“. Vor diesem Hintergrund setzte sich das Projekt auch die Aufgabe, die Ansätze und Effekte von mitgestaltenden Betriebsräten zu erkunden. Leitende Fragestellungen waren dabei: Kümmert sich die Mitbestimmungsseite überhaupt um Innovationen? Welche Wichtigkeit wird den jeweiligen Innovationsbereichen Produkte, Prozesse und Arbeitsplätze beigemessen? Und welche Themen sind aus Sicht der Mitbestimmung zukünftig besonders wichtig für das Unternehmen; welche für die Betriebsratsarbeit?

Um die Einbeziehung der Arbeitnehmerseite in die Innovationsbemühungen der Unternehmen zu erfassen, wurde im Rahmen dieses Vorhabens eine schriftliche Befragung von Betriebsräten durchgeführt. Zudem erfolgten mehr als zwei Dutzend Experteninterviews (teilweise auf der Hannover Messe April 2012 sowie auf der CERAMITEC Mai 2012 in München). Allen Personen, die mit Informationen und Tipps am Entstehen des Berichts mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich gedankt.

Im Einzelnen gliedert sich der Report wie folgt.

- Im folgenden Kapitel wird die Struktur der keramischen Industrie in Deutschland, d.h. die jeweiligen Segmente sowie ihre wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklung dargestellt. Dieser Teil umfasst auch die Skizzierung der Wertschöpfungskette, die Schilderung wichtiger Innovationsprozesse der vergangenen Jahrzehnte sowie die Beschreibung aktueller umwelt- bzw. energiepolitischer Herausforderungen.

- Im dritten Abschnitt werden die Marktstrukturen im europäischen Kontext kurz beschrieben. Dabei werden die Stärken und Schwächen der keramischen Segmente ebenso herausgearbeitet wie die Chancen und Bedrohungen, denen der Wirtschaftszweig insgesamt sowie seine Sektoren gegenüber stehen.
- Innovationspfade sowie Produktinnovationen sind Thema des vierten Kapitels. Im Fokus dieses Abschnittes steht vor allem die Darstellung der 2008 vom Koordinierungsausschuss der Deutschen Keramischen Gesellschaft sowie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde entwickelten „Strategieinitiative Hochleistungskeramik“ (Strategieinitiative 2008). Die Roadmap für die technische Keramik zerfällt in mehrere Anwendungsfelder und Prozesstechniken; sie unterstreicht insbesondere das weiterhin existierende erhebliche Innovationspotenzial des Wirtschaftssegments. Anhand ausgewählter Beispiele wird anschließend versucht, den innovativen Charakter der Branche noch besser zu fassen bzw. zu illustrieren.
- Das fünfte Kapitel stellt Resultate einer schriftlichen Befragung von Betriebsräten aus keramischen Unternehmen zu Innovationen dar. Die Ergebnisse bestätigen Untersuchungen, dass Mitbestimmungsakteure stärkeres Gewicht auf Prozessinnovationen sowie Verbesserungen der Arbeitsplätze legen und weniger auf Produktneuerungen orientiert sind. Allerdings ist letztgenanntes Thema indirekt durchaus präsent.

Aus diesen Erkenntnissen werden im letzten Abschnitt arbeitspolitische Schlussfolgerungen gezogen. Vorab ist bereits darauf hinzuweisen, dass in der keramischen Industrie die Innovationsbeiträge der Mitbestimmungsträger bzw. Mitarbeiter in der Regel nur partiell sein können. Wie die Verfasser der Strategieinitiative Hochleistungskeramik richtigerweise herausarbeiten, finden Innovationen im Feld moderner keramischer Werkstoffe heutzutage im Allgemeinen nicht mehr in einem Labor statt. Vielmehr arbeiten viele unterschiedliche Disziplinen in Kooperationen häufig Jahre an Neuerungen zusammen (Ebd. S. 8).

Diese Rahmenbedingungen und Herausforderungen wurden in den im Projektrahmen geführten Interviews bestätigt. Um Ideen zur Serienreife weiter zu entwickeln, sind sorgfältige Prüfungen, vielfältige Versuche auf kostenintensiven Anlagen und deshalb häufig entsprechende Entwicklungs-Netzwerke notwendig. Diese Netzwerke sind in der keramischen Industrie vorhanden. Wissens- und Forschungsk Kooperationen existieren mit Universitäten bzw. mit Universitäts-Instituten für Materialwissenschaften (z.B. RWTH Aachen), mit dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden und Hermsdorf (Fraunhofer IKTS 2012), mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), mit Fachhochschulen (z.B. Koblenz, Standort Höhr-Grenzhausen) sowie vielen anderen international angesehenen Einrichtungen und Akademien.

Zu den Instituten ist aus innovationsempirischer Sicht auch das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim zu zählen. Das ZEW erstellt regelmäßig Innovationsberichte. Die Industriezweige Glas, Keramik und Steinwaren werden dabei allerdings zusammengefasst (vgl. ZEW 2012). Die aggregierten Zahlen sind für unsere Zwecke indes weniger aufschlussreich.

Die Strategieinitiative sowie die vielfältigen Forschungsaktivitäten unterstreichen die innovative Dynamik des keramischen Wirtschaftszweiges. Trotz (bislang) erkennbarer Begrenzungen bei Produktneuerungen können Mitbestimmungsträger im betrieblichen Innovationsgeschehen oftmals wichtige organisatorische und Arbeitsplatz bezogene Anregungen geben. Aufgrund ihrer umfassenden Kenntnisse sind sie häufig besonders in der Lage, Orientierung für die Beschäftigten zu schaffen und entsprechende Impulse zu geben. Der Aus- und Mit-Gestaltung innovationsförderlicher Rahmenbedingungen im Betrieb durch die Mitbestimmungsseite kommt eine bedeutende Rolle im Innovationsgeschehen zu.

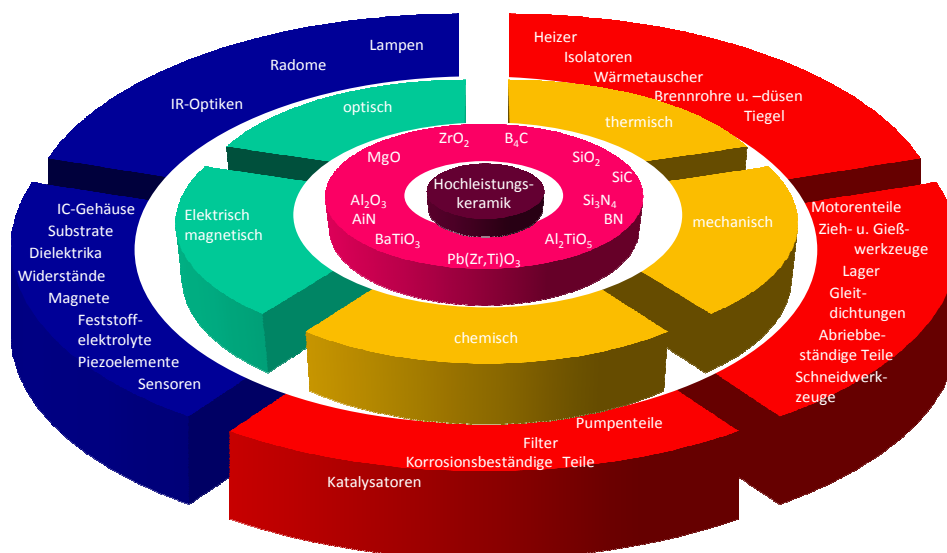
Diese Rolle wird von den Betriebsräten auch überwiegend positiv aufgegriffen und angenommen. Unter Berücksichtigung der engen Rahmenbedingungen bestätigt die vorliegende Arbeit insofern, dass Mitbestimmungsträger im betrieblichen Innovationsgeschehen eher Mitgestalter als Bremser sind. Für die vielfältigen erkennbaren Prozess- und Produktinnovationen der Zukunft bleibt diese Ressource folglich ein wesentliches Element für einen nachhaltigen Entwicklungspfad vieler Unternehmen.

2 Vielfalt als Markenzeichen: Die keramische Industrie in Zahlen

Keramische Werkstoffe und Produkte sind Schlüsselfaktoren für die Chemie, Energie- und Umwelttechnik, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektro-, Mess- und Sensortechnik, Mikroelektronik sowie der Medizintechnik (vgl. die Übersicht in: Brevier 2003, S. 142 ff. sowie elektronisch http://www.keramverband.de/brevier_dt/brevier.html). Bereits diese reichhaltigen Einsatzmöglichkeiten offenbaren die Vielfalt der Keramikwelt. Die folgende Abb. 1 reproduziert eine Auswahl von keramischen Werkstoffen, Eigenschaften und Anwendungsfeldern.

Im Allgemeinen wird der Begriff „Keramik“ bzw. „keramische Erzeugnisse“ für anorganische Materialien (eventuell mit einem geringen Zusatz organischer Substanzen) verwendet, die aus nichtmetallischen Verbindungen gefertigt und mittels eines Brennprozesses (Sintern) beständig gemacht werden. Als Klassifikationssystematik haben sich vier große Gruppen keramischer Werkstoffe herausgebildet: Silikat-, Oxid- und Nichtoxidkeramiken sowie Piezokeramiken. Keramik kann glasiert oder unglasiert, porös oder glasartig sein (vgl. im Detail Linsmeier 2010, S. 13 ff.). Moderne keramische Werkstoffe stellen einen bedeutenden Bereich der Material- und Werkstoffwissenschaften dar.

Abb. 1: Auswahl von keramischen Werkstoffen, Eigenschaften und Anwendungsfeldern



Quelle: Angepasst auf der Grundlage Informationszentrum Technische Keramik o.J., S. 6.

Charakteristische Eigenschaften keramischer Erzeugnisse sind eine hohe Festigkeit, ein geringer Verschleiß und somit eine lange Lebensdauer. Zudem besteht chemische Trägheit, Ungiftigkeit, Hitze- und Feuerbeständigkeit, in der Regel ein hoher elektrischer Widerstand sowie teilweise eine spezielle Porosität.

Keramische Stoffe werden vor allem wegen ihrer Widerstandskraft gegen Hitze und chemische Umwandlung verwendet. Diese Vorzüge beruhen auf starken Bindungen, die die Atome auf ihren Plätzen halten. Die Stärke der Bindungen ist gleichzeitig ein wesentlicher Nachteil: Keramische Stoffe sind spröde (Strategieinitiative 2008, S. 6).

Durch ihre vielfältigen Anwendungen sind keramische Werkstoffe in der modernen Industriegesellschaft allgegenwärtig (Abb. 1 stellt nur eine Auswahl der Einsatzfelder dar!). Da die technische Keramik im Allgemeinen als Bauelement bzw. Zwischenprodukt genutzt werden, sind sie für den Nutzer im Gegensatz zu den Haushalts- und Sanitärwaren in der Regel nicht sichtbar. Da die Hochleistungskeramik zudem immer neue Verwendungsmöglichkeiten erzeugt, erweitert sich das Anwendungsspektrum permanent. Innovationen finden häufig in Grenzbereichen der Keramiktechnologie statt (ebd.); sie sind dennoch Schlüsselemente in den Innovationsprozesse vieler Wirtschaftssektoren.

2.1 Die keramische Wertschöpfungskette

Keramische Erzeugnisse werden in verschiedenen Arten von Brennanlagen mit einer großen Bandbreite eingesetzter Rohmaterialien sowie höchst unterschiedlicher Formen, Größen und Farben hergestellt. Der allgemeine Herstellungsprozess von keramischen Gütern ist hingegen relativ einheitlich; wenn davon abgesehen wird, dass bei der Fertigung von Wand- und Bodenfliesen, Haushalts-, Sanitär- und technischer Keramik oftmals ein mehrstufiger Brennprozess nötig ist (vgl. zum Folgenden UBA August 2007, S. ii). Abb. 2 gibt einen stark vereinfachenden Überblick über den Herstellungsablauf keramischer Erzeugnisse.

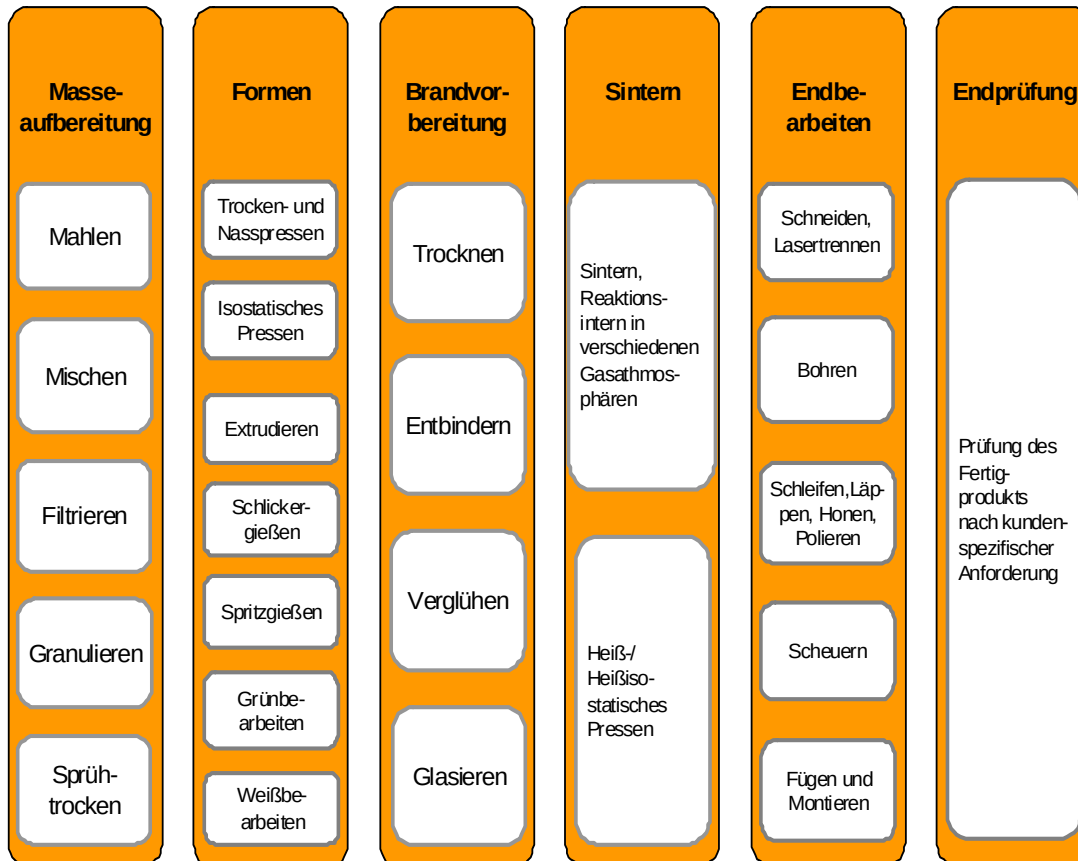
Zunächst werden die Rohmasse angeliefert oder Rohstoffe, Additive und Bindemittel gemischt und als Masse aufbereitet. Anschließend wird die Masse in Form gegossen, gepresst oder extrudiert. Im Allgemeinen wird beim Mischen und zur Formgebung Wasser zugesetzt.

Ein wichtiger Teil des Herstellungsprozesses besteht aus dem Trocknen und dem anschließenden Brennen der Erzeugnisse bei hohen Temperaturen. Das Wasser wird beim Trocknen verdunstet. Die Erzeugnisse werden entweder von Hand in den Ofen oder auf Fahrwerke gesetzt, die durch kontinuierlich betriebene Tunnel- oder Rollendurchlauföfen laufen. Keramische Erzeugnisse erhalten die spezifischen Werkstoffeigenschaften durch einen komplexen Sintervorgang bei hohen Temperaturen bis zu 2.500 °C. Während des Brennens ist eine sehr genaue Temperaturführung notwendig. Die Abkühlung muss ebenfalls kontrolliert erfolgen, damit die Produkte ihre Struktur erhalten.

Im Rahmen des Brennprozesses steigt der Energieeinsatz mit zunehmender Temperatur überproportional an. Zusätzlich erhöhen Brennhilfsmittel aus hochfeuerfestem Material den Aufwand, mit deren Hilfe das zu brennende Gut gleichmäßig im Brennraum gestapelt wird (Brevier, S. 77 ff.).

Insofern sind Unternehmen aller keramischen Sektoren starke Energiekonsumenten. Zum Einsatz kommen dabei heutzutage insbesondere Erdgas, Flüssigerdgas, Biogas/Biomasse, Strom und/oder feste Brennstoffe wie Kohle.

Abb. 2: Typischer Herstellungsprozess keramischer Erzeugnisse



Quelle: Angelehnt an Brevier 2004, S. 68.

2.2 Entwicklungen im industriellen Herstellungsprozess

Die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts brachte technologische Änderungen mit sich wie niemals zuvor in der Geschichte der keramischen Industrie. Tab. 1 führt wesentliche Meilensteine in der Geschichte des feinkeramischen Herstellungsprozesses für Porzellan, Fliesen, Sanitärwaren und Dachziegel auf. Sichtbar ist, dass vor allem Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Deutschland und Italien die Innovationen in den industriellen Produktionsprozessen in den letzten Jahrzehnten prägten.

Zudem hatten und haben die Informations- und Kommunikationstechnologien maßgeblichen Einfluss sowohl auf die Herstellverfahren als auch auf das Marktgeschehen. Denn ausländischen Konkurrenten standen viele der neuen Prozesstechnologien bereits einige

Jahre später ebenfalls zur Verfügung. Sie bemühten sich teilweise, europäische Märkte zu erschließen.

Tab. 1: Meilensteine in der feinkeramischen Prozesstechnologie bis 2002

Jahr	Verfahren	Region
1709	Kapselbrand	Meißen
1809	Trockenpresse	Frankreich
1850	Trommelmühle	Meißen
1853	Filterpresse	England
1855	Tellerpresse	England
1873	Tunnelofen	Deutschland
1886	Seegerkegel	Deutschland
1930	Schnellbrand-Tunnelofen	USA
1937	Spritzkabine	USA
1952	Sprühtrockner (keram.)	Dänemark
1965	Rollenofen für Fliesen	Italien
1971	Porzellanschnellbrand	Deutschland
1973	Druckschlickerguss	Schweiz/Deutschland
1976	Glasierroboter	Deutschland
1980	Isostatpresse / Geschirr	Deutschland
1991	Einmalschnellbrand Porzellan	Deutschland
1992	Isostatpresse / Fliesen	Italien
1997	Rotoglaze / Fliesen	Italien
2002	Doppelpressen / Fliesen	Italien

Quelle: Undine Fischer, Einmal-/Schnellbrandtechnologie, Freiberg Präsentation o.J. auf Basis von H. Reh, 30 Jahre Revolution in der Technologie der Silicatkeramik, in: cfi/Ber. DKG 76 (1999), No. 10; D12 – D16 und entsprechenden Ergänzungen; elektronischer Abruf 06.06.2012 unter <http://tu-freiberg.de/fakult4/ikgb/file/Fischer/Einmal%20Schnellbrandtechnologie%20Vorlesung.pdf>

Die nachfolgende Übersicht verdeutlicht im Detail technologische Entwicklungen im modernen Fertigungsprozess von vier keramischen Wirtschaftssegmenten. Die Prozessinnovationen auf allen Stufen der Wertschöpfungskette hatten enorme Produktivitätssteigerungen zur Folge, was insbesondere in der letzten Zeile an den Durchlaufzeiten abgelesen werden kann. Bis Mitte des letzten Jahrzehnts konnten die Herstellzeiten bei Geschirr von zwei bis drei Wochen auf 12 Stunden verringert werden. Bei Fliesen belief sich die zeitliche Verkürzung von 240 Stunden auf zwei Stunden! Und bei Sanitärartikeln soll die Durchlaufzeit von etwa 28 Tagen auf einen Tag reduziert worden sein.

Für die 4 Jahrzehnte zwischen 1960 und 2000 schätzte Reh die Leistungssteigerungen in den Verfahrensstufen bis Anfang dieses Jahrhunderts auf einen Faktor in Höhe von bis zu 144 (Reh 2002, D 24). Mit anderen Worten: Um die Jahrtausendwende konnte ein Beschäftigter - in Abhängigkeit von der Wertschöpfungsstufe – durch neue Prozesstechnologien in der gleichen Zeit das 144-fache produzieren als noch vier Dekaden zuvor!

Tab. 2: Entwicklung der modernen industriellen Herstellung von Keramik

Technologischer Prozess	Geschirr		Fliesen		Sanitär		Dachziegel	
	konventionell	modern	konventionell	modern	konventionell	modern	konventionell	modern
Rohstoffe	Kaolin, Feldspatsand, Quarzsand	kond. Kaoline, Feldspat- u. Quarzmehl, Additive, Fertigmassen,	Ton, Feldspatsand, Quarzsand	Standardtone, Feldspat- und Quarzmehl, Additive, Fertigmassen,	Kaolin, Ton, Feldspatsand, Quarzsand	Feldspat- u. Quarzmehl, Additive, Fertigmassen, Fritten	Örtliche Lehme und Tone	Spezialtone, Zusatzmittel (Porosierung)
Aufbereitung	Trommelmühle, Lösequirl	Ringspaltkugelmühle, Intensivmischer	Trommelmühle, Lösequirl	Rührwerkskugelmühle, Intensivmischer	Trommelmühle, Lösequirl	Ringspaltkugelmühle, Intensivmischer	Plastisch, nass	Trocken, halb-nass, Intensiv-mischer
Formgebung	Drehen, Giessen, Quetschen	Druckschlickerguss, isost. Trockenpressen,	Plastisches Pressen, hydraulische	Trockenpressen inkl. Dekor u. Glasur	Manuelles Giessen	Druckschlickerguss, Batteriegguss	Plast. Pressen	Trocken-pressen, plast. Pressen
Trocknung	Kanäle, Elevator	Hybrid-Trocknung, integr. Trocknung	Kanäle	Integr. Vortrocknung	Am Giessplatz, Kammern	Etagentrockner, Hybridtrockner, integr. Vortrocknung	Kammer, Kanäle, Freiluft	Rollentrockner (Schnelltrocknung)
Transport	Einzelne Wagen, lose	Roboter, fahrerlose TFZ, flexible Fließbandlinien,	einzelne Wagen, lose	Band-, Rollenförderer, fahrer-lose TFZ, autom.	Einzelne Wagen, lose	Rollenförderer, Roboter, fahrerlose TFZ	Einzelne Wagen, Gruppen	Rollenförderer, Roboter, fahrerlose TFZ
Glasieren	Tauchen, Begießen, Ausgießen	Spritzen, elektr. Trockenglasieren	Schleudern, Begießen (Wasserfall)	Spritzen, Rotoglaze, Trockenglasur	Tauchen, Ausgießen	Spritzen Elektrost. Nassauftrag, autom. Ausgießen	Schleudern, Spritzen	Trockenauftrag (elektrost., gravitativ)
Dekoration	Schiebebilder, Siebdruck	Tampondruck, Dekorfolien auf Acrylatbasis	Schiebebild, Siebdruck	Während der Formgebung Rotocolor, Laser	Schiebebilder, farbige Glasuren	Dekorfolien auf Acrylatbasis, pigmentgefärbte Glasuren	Farbige Engoben	Engobepulver, Bedrucken, Einfärbender Masse
Brennen	Tunnelofen, Brennkapseln (Schrüh-, Glatt-, Dekorbrand)	Rollenofen, Herdwagenofen, Schlittenofen,	Tunnelofen (Schrüh-, Glatt-, Dekorbrand)	Rollenofen, Einmalschnell-brand	Tunnelofen (Schrüh-, Glatt-, Dekorbrand)	Herdwagenofen, Einmalschnell-brand	Tunnelofen, Brennhilfs-mittel	Rollenofen
Durchlaufzeiten	2 - 3 Wochen	12 Std.	10 Tage	2 Std.	3 - 4 Wochen	24 Std.	2 - 5 Tage	4 Std.

Quelle: Fischer o.J., Folie 32.

In den letzten Jahren konnte in einigen keramischen Sparten die Produktivität nochmals gravierend gesteigert, bzw. die Herstellprozesse erneut grundlegend „revolutioniert“ werden.

Ein Beispiel dafür ist das Anbringen des Griffes einer Tasse in das Produktionsverfahren (Kombi-Henkeltassenfertigung: Druckguss und Isostatpressen, 2004).

Die Lösung dieser Herausforderung gelang zunächst der Villeroy & Boch AG (Mettlach). Mit Hilfe eines Schweizer Unternehmens konnte für den Geschirrbereich ein neues Druckguss- und Pressverfahren entwickelt werden. Dadurch war es einerseits möglich, ein völlig neues, asymmetrisches Design mit eckigen und welligen Formen zu kreieren.¹ Die weitere Entwicklung der Verfahren erlaubte zudem eine erhebliche Steigerung des Outputs pro Beschäftigten durch den Einsatz von Industrierobotern. In der Frankfurter Allgemeinen Zeitung fasste Freytag die Innovationen mit dem Satz „Weniger geht nicht“ zusammen. Damit spielte er auf die um mehr als 100 Beschäftigte reduzierte Belegschaft an der Produktionsstraße für Tassen bei Villeroy & Boch in Torgau an. Mit 28 Mitarbeitern und 30 Produktionsrobotern werden nun rund ein Drittel mehr Tassen als noch vor drei Jahren gefertigt (FAZ vom 28. März 2012, S. 16).

Viele keramische Unternehmen hatten folglich keine innovative Schwäche. Bei derart umfangreichen Verbesserungen der Produktivität bleiben bei nur geringer Steigerung der inländischen Nachfrage (bzw. einer Stagnation oder sogar einem Rückgang derselben) als strategische Varianten der Unternehmen nur die beiden Optionen Arbeitsplatzabbau (bis hin zur Schließung von Werken) sowie/oder Hinwendung zu internationalen Märkten. In den letzten Jahrzehnten verfolgten Keramik-Hersteller aus Deutschland in der Regel beide Optionen, wie die folgenden Abschnitte verdeutlichen.

2.3 Veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen nach dem Ende des Ost-West-Konfliktes

Nach 1945 hatte sich die deutsche Keramikindustrie in Ost- und Westeuropa in fast allen Bereichen wieder eine vordere Position wie vor dem zweiten Weltkrieg erarbeitet. In vielen Segmenten galt dies auch international, wie etwa bei Feuerfest, technischer Keramik (siehe hierzu Exkurs) sowie dem Geschirr- und Zierporzellan. Auch die Hersteller im Keramik-Maschinen- und Anlagenbau erarbeiteten sich wieder führende Stellungen.

Diese Situation änderte sich mit dem Ende des Ost-West-Konfliktes 1989/1991 grundlegend (vgl. Reh 2008, S. D19 ff.).

- Die Öffnung der Grenzen schuf zwar zunächst neue Absatzmöglichkeiten in Mittel- und Ost-Europa. Der Ausbau der Kommunikations- und Transportinfrastrukturen sowie der Abbau von Handelshemmnissen ließ Entfernungen aber deutlich schrumpfen. In vielen Bereichen der keramischen Industrie entstand infolgedessen ein globaler Markt. Zeitgleich entfiel die Grenzlandförderung („Zonenrandförderung“).

¹ Vgl. im Detail die Homepage der Villeroy & Boch AG 2012, <http://www.villeroy-boch.com/de/de/home/unternehmen/ueber-villeroy-boch/innovation.html>; Zugriff am 12.04.2012.

- Durch den Transfer des Wissens der industriellen Keramikherstellung – insbesondere in Form moderner Produktionsanlagen – wurde der Internationalisierungsprozess der Fertigung beschleunigt. Reh ging davon aus, dass es mittlerweile in über 100 Staaten eine keramische Industrie gibt.
- Lohnunterschiede führten häufig zum Aufbau und zur Übertragung von Arbeitsplätzen in Billiglohnländer. Viele traditionelle Hersteller aus Westeuropa errichteten Fertigungsstätten in ehemaligen „Ostblockländern“ sowie Schwellen- und Entwicklungsländern. Produktionsstrukturen internationalisierten bzw. globalisierten sich.
- Die Entwicklungsdynamik vieler Staaten schuf in den letzten beiden Dekaden ansehnliche Kaufkraftzuwächse (vgl. u.a. Zakaria 2009). Die wachsenden Märkte wurden zunehmend von den modernisierten und oftmals billigeren einheimischen Keramikfabrikanten beliefert.
- Zahlreiche Entwicklungs- und Schwellenländer wurden zudem selbst zu Exportländern. Durch diese Strukturverschiebungen schrumpften die Ausfuhrmöglichkeiten traditioneller Keramiknationen zusätzlich.
- Die umgekehrten Warenströme hatten gravierende Restrukturierungsprozesse in der westeuropäischen und deutschen Keramikindustrie zur Folge; insbesondere in den konsumnahen Bereichen der Keramikindustrie. Sowohl die Anzahl der Betriebe als auch die Arbeitsplätze nahmen in einigen keramischen Wirtschaftssparten seit 1990 um teilweise mehr als die Hälfte ab. Eine Ausnahme bildet in Deutschland die technische Keramik, die nach wie vor stark ist. Beispielsweise hatte sie 2008 einen Anteil an der europäischen Produktion in Höhe von ca. 40 Prozent (vgl. Reh 2008, S. D24).

Kurzum: Der Abbau von Handelsschranken sowie der Transfer von Maschinen und Anlagen führten sowohl in den mittel- und osteuropäischen Ländern als auch in Schwellen- und Entwicklungsstaaten zum Aufbau und Erstarben der dortigen keramischen Wirtschaftsindustrie. Technologische Entwicklungen steigerten die Produktivität in den europäischen keramischen Unternehmen zusätzlich. Bei nicht so dynamisch wachsender Nachfrage vergrößerten sich die Anpassungserfordernisse.

Einige Sparten der europäischen Keramikindustrie – insbesondere die Porzellan-, die Sanitär- und die Ziegelindustrie, aber auch Teile der technischen Keramik - durchlief einen gravierenden Restrukturierungsprozess. Dazu trug u.a. auch das Versiegen der Grenzlandförderung bei. War die Keramik bis zur Jahrtausendwende mittelständisch strukturiert, hat sich die Branche seitdem stark konzentriert und internationalisiert. Um die kritische Größe für die „echte Weltwirtschaft“ zu erreichen, ist eine Vielzahl von Betrieben in an internationalen Börsen notierte Kapitalgesellschaften aufgegangen (vgl. hierzu im Detail z.B. Reh 2008). Trotz vieler Übernahmen und Fusionen agieren dennoch weiterhin zahlreiche kleine und mittelständische Unternehmen in Familienbesitz am Markt.

Im Prinzip gibt es überall in Europa Tonrohstoffe. Relativ kostengünstige keramische Erzeugnisse wie Ziegelsteine, die sich aufgrund ihres Gewichts durch hohe Transportkosten auszeichnen, werden deshalb dezentral in den Mitgliedsstaaten hergestellt. Darüber hinaus haben architektonische und bauliche Traditionen vor allem in der Feinkeramik zu geographischen Spezialisierungen geführt.

Abb. 3: Exkurs „Technische Keramik“

Als technische Keramik oder Hochleistungskeramik werden keramische Werkstoffe bezeichnet, die in ihren Eigenschaften auf technische Anwendungen hin optimiert wurden. Sie unterscheidet sich von den Gebrauchskeramiken oder dekorativ eingesetzten Keramiken (Geschirr, Fliesen usw.) durch die Reinheit und die enger tolerierte Korngröße ihrer Ausgangsstoffe sowie oft durch spezielle Brennverfahren.

Die technische Keramik oder Hochleistungskeramik stellt sowohl Halbfertig- als auch Endprodukte her. Die Produktpalette ist mit über 1.000 Varianten äußerst umfangreich.

In der Regel kommen diese Güter in rund einem Dutzend Anwendungsgebieten zum Einsatz. Die größte Vielfalt bietet die Mechanokeramik (Maschinen- und Anlagenbau, Materialbearbeitung, Fahrzeugbau). Es folgen die Thermokeramik (Ofenbau, Tiegel, Schweißzubehör usw.) und die Elektrokeramik (Isolationsteile, Supraleiter etc.).

Laut Reh könnte eine grobe Einteilung der technischen Keramik folgendermaßen aussehen (Reh 2008, S. D24; vgl. auch Brevier Technische Keramik 2003, S.142 ff. sowie Abb. 1).

- Armierungen (Panzerungen, Schutzwesten usw.)
- Biokeramik (Zahn-, Knochenimplantate, Infusionspumpeile u.a.)
- Chemo-Keramik (Gefäße, Auskleidungen, Tiegel etc.)
- Elektrokeramik (Isolatoren, Supraleiter, Zündkerzen, Elektroden, Sensoren, Lambdasonden, Signalwandler usw.)
- Elektronikgeräte (Aktuatoren, Sensoren, Gasdetektoren etc.)
- Filtration/Membranen (Dieselrußfilter, Biomembranen usw.)
- Gebrauchskeramik (Messer, Bleistiftspitzer, Armbanduhren-Gehäuse u.a.)
- Luft- und Raumfahrtkeramik (Hitzeschutzfliesen, Raketendüsen u.v.m.)
- Mechanokeramik (Auskleidungen, Düsen, Federn, Gleitlager u.a.)
- Opto-Keramik (Hochdrucklampen, Radome, Laserstäbe u.v.m.)
- Prestige-Keramik (Knöpfe, Schmuck, synthetische Edelsteine u.a.)
- Sportkeramik (Sprungschancenbeläge, Spike usw.)
- Thermokeramik/Feuerfest (Brennkammerauskleidungen, Ausgussstopfen, Gasspülsteine, Glühkerzen etc.).

Viele Betriebe bzw. Unternehmensteile der technischen Keramik werden statistisch unzureichend berücksichtigt; häufig werden sie anderen Werkstoff- und somit Wirtschaftsbereichen zugeordnet. Zudem gibt es auch im Bereich der Keramik die Herausforderung, die jeweiligen Segmente richtig abzugrenzen (Reh 2008, S. D24).

- Zu den nichtmetallisch-anorganischen Werkstoffen, denen die Keramik-Werkstoffe zugeordnet sind, gehören auch die stark aufkommenden technischen Carbonprodukte (Kohlenstoff, Graphit). Sie werden in anderen Wirtschaftssektoren erfasst.
- Aus den „neuen“ Werkstoffen Si_3N_4 , SiC u.a. werden von den Feuerfest-Unternehmen teilweise Produkte gefertigt und unter „Feuerfest“ gemeldet, die eigentlich ins Gebiet der technischen Keramik gehören. Beispielhaft seien hier die Schieberplatten sowie Brennhilfsmittel genannt. Aufgrund neuerer Entwicklungen und Verbesserungen müssten diese Produkte im Grunde den technischen Keramiken zugeordnet werden.
- Die Funktionskeramik, die aktiv die innewohnenden Eigenschaften des Werkstoffes für eine Funktion nutzt (wie z.B. Isolatoren wegen der Isolierfähigkeit oder keramische Bauelemente wegen elektrischer, magnetischer oder anderer Merkmale), wird im Allgemeinen in Konzernen hergestellt. Diese Unternehmen setzen die Güter zumeist als Einbauteile in Fernsehern, Informatik- und vielen anderen Elektronik-Geräten ein. Obwohl in Bezug auf Menge und Werten beachtliche Größen erreicht werden, werden auch Funktionskeramiken wegen der Zuordnung der Konzerne oftmals anderen Sektoren zugeschlagen.

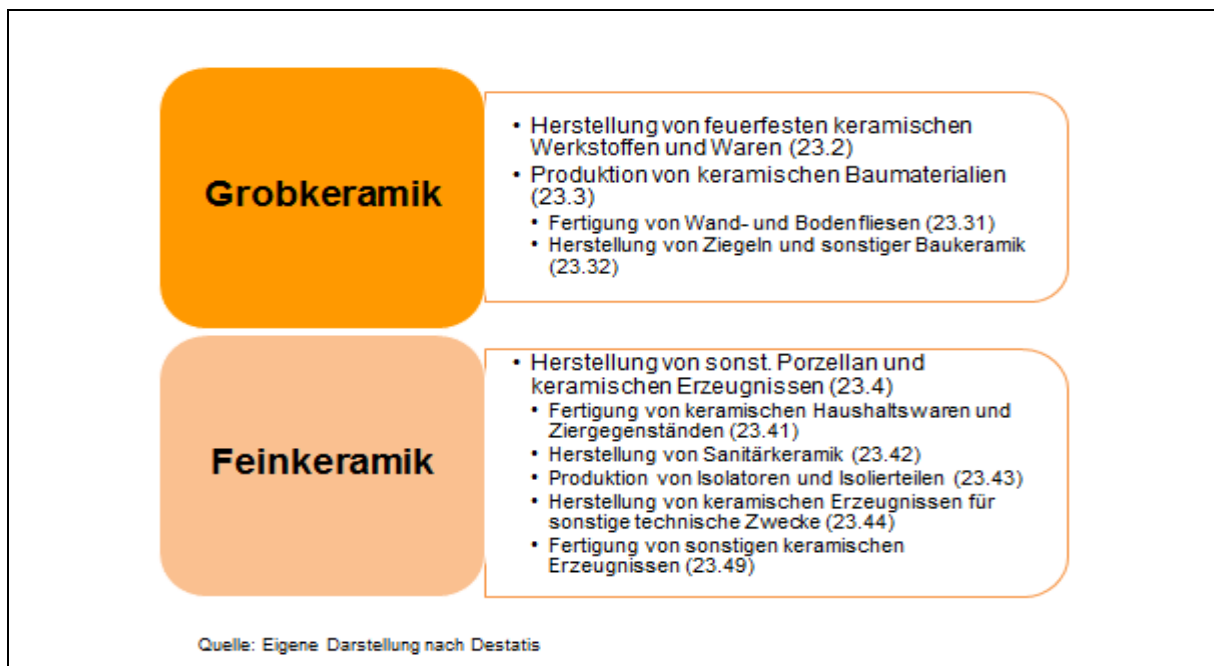
Die IGBCE schätzte, dass die Gesamtbeschäftigtenzahl in Deutschland in der technischen Keramik Mitte des letzten Jahrzehnts bei mindestens 10.000 Arbeitsplätze lag (IGBCE 02-2006). Inzwischen dürfte sich die Beschäftigung noch erhöht haben. Die offizielle Statistik weist indes 2011 nur 5.300 Beschäftigte aus (siehe unten).

Ein bedeutendes keramisches Cluster findet sich in Deutschland in der Region Oberfranken/Oberpfalz/Nürnberg, welches primär auf Geschirr und technische Keramik ausgerichtet ist. Neben Nordostbayern war die Feinkeramik zudem noch im Westerwald, in Sachsen und Thüringen stärker vertreten (Reh 2008, S. D 21). Im Zuge der oben beschriebenen Restrukturierungen und der Integration vieler Betriebe in internationale Konzernverbünde verlor die keramische Industrie indes deutlich an Ausstrahlungskraft für regionale Wertschöpfungsketten.

2.4 Die keramische Industrie zu Beginn des neuen Jahrzehnts

Ende 2011 zählte das Statistische Bundesamt 269 Betriebe in Deutschland in den keramischen Wirtschaftszweigen 23.2, 23.3 und 23.4. Im Rahmen dieser Zuordnung erzielten die betrieblichen Einheiten 5,4 Mrd. EUR Umsatz und wiesen somit gegenüber dem Vorjahr ein Wachstum von 4,5 Prozent auf. Rund 2,8 Mrd. EUR Umsatz wurden durch Exporte ins Ausland erzielt.²

Abb. 4: Statistische Erfassung des keramischen Wirtschaftszweiges



33.045 Beschäftigte waren 2011 in der Branche aktiv. Sie erhielten 1,2 Mrd. EUR Entgelt. Durchschnittlich bekam somit jeder Beschäftigte knapp 35,5 TEUR Lohn und Gehalt. Der Entgeltanteil am Umsatz lag bei durchschnittlich 21,7 Prozent.

Nur etwas mehr als 10 Prozent der Beschäftigten war in Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern tätig. Auf diese Gruppe entfiel dennoch ein Umsatzanteil von rund 80 Prozent.

² Wie im Exkurs technische Keramik beschrieben werden nicht alle keramischen Aktivitäten von Unternehmen präzise und vollumfänglich erfasst.

Mit anderen Worten: Trotz ihrer vergleichsweise geringen Anzahl determinieren die großen Unternehmen heutzutage die keramische Branche.

Im Allgemeinen wird der Wirtschaftsbereich in die zwei Ober-Segmente Grob- und Feinkeramik eingeteilt (Abb. 4).

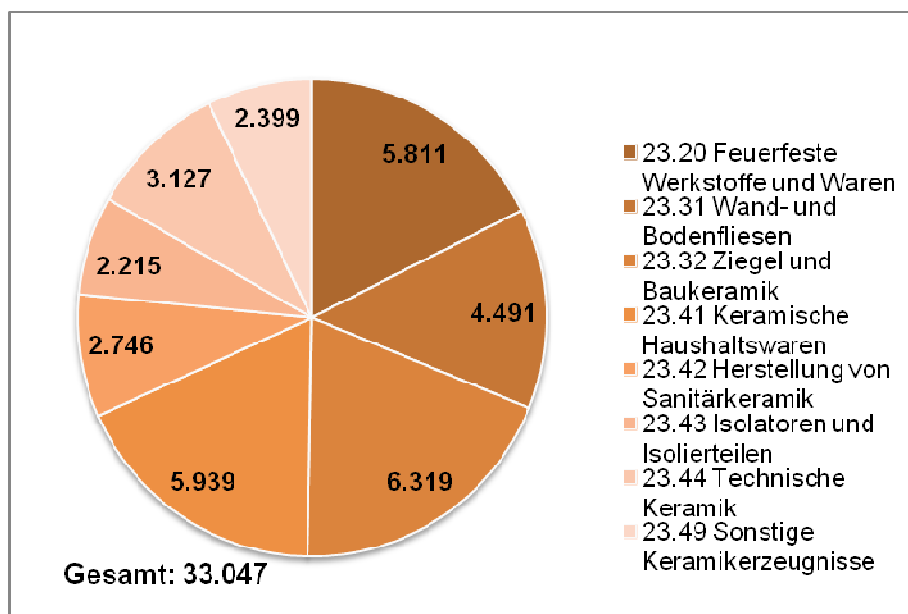
- Zur Grobkeramik zählen statistisch die beiden Hauptgruppen Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren sowie die Produktion von keramischen Baumaterialien (WZ-3-Steller).
- Zur Feinkeramik (WZ-3-Steller) werden die Herstellung von Porzellan und die Produktion keramischer Erzeugnisse gerechnet, worunter insbesondere die Herstellung von technischen Keramiken fällt.

Auf der 4-Stelle-Ebene des Keramik-Wirtschaftszweiges werden acht Sparten differenziert ausgewiesen. Die Sparten der Keramik haben unterschiedliches Gewicht.

Führendes keramisches Wirtschaftssegment hinsichtlich der Anzahl der Beschäftigten war laut offizieller Statistik der Bereich *Ziegel und Baukeramik* mit 6.319 Arbeitsplätzen im Jahre 2011. Es folgten die Sparten *Keramische Haushaltswaren und Ziergegenstände* (5.939 Beschäftigte), *Feuerfeste Werkstoffe und Waren* (5.811 Arbeitnehmer) sowie *Wand- und Bodenfliesen* (4.491 Beschäftigte).

3.127 Beschäftigte waren im Bereich *technische Keramik* aktiv. Werden *Isolatoren und Isolierteile* diesem Segment ebenfalls zugerechnet, errechnen sich ca. 5.300 Arbeitsplätze. Bei Interpretation der Daten ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Bereich der technischen Keramik in der öffentlichen Statistik deutlich unterschätzt wird (siehe Exkurs Technische Keramik).

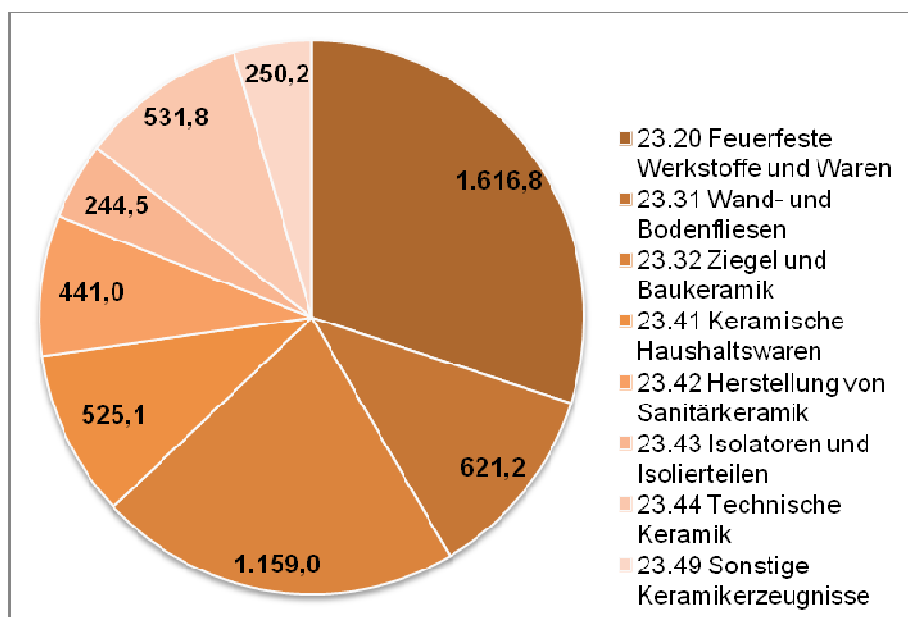
Abb. 5: Beschäftigung in den Sparten der keramischen Industrie, 2011



Quelle: Destatis

Im Hinblick auf den Umsatz belegte der Bereich *Feuerfeste Werkstoffe und Waren* (1,6 Mrd. EUR) den führenden Platz in der Keramikindustrie. Es folgten *Ziegel und Baukeramik* mit 1,2 Mrd. EUR sowie *Wand- und Bodenfliesen* mit 0,6 Mrd. EUR Umsatz. Selbst die Sparte *technische Keramik* im engeren Sinne erzielte mehr Umsatz 2011 als *Keramische Haushaltswaren und Ziergegenstände*, was auf deren deutlich abnehmende Rolle verweist. Die Herstellung von Sanitärkeramik folgte mit 0,4 Mrd. EUR vor *Isolatoren und Isolierteile* mit 0,24 Mrd. EUR.

Abb. 6: Umsätze in den keramischen Wirtschaftszweigen im Jahre 2011 (in TEUR)

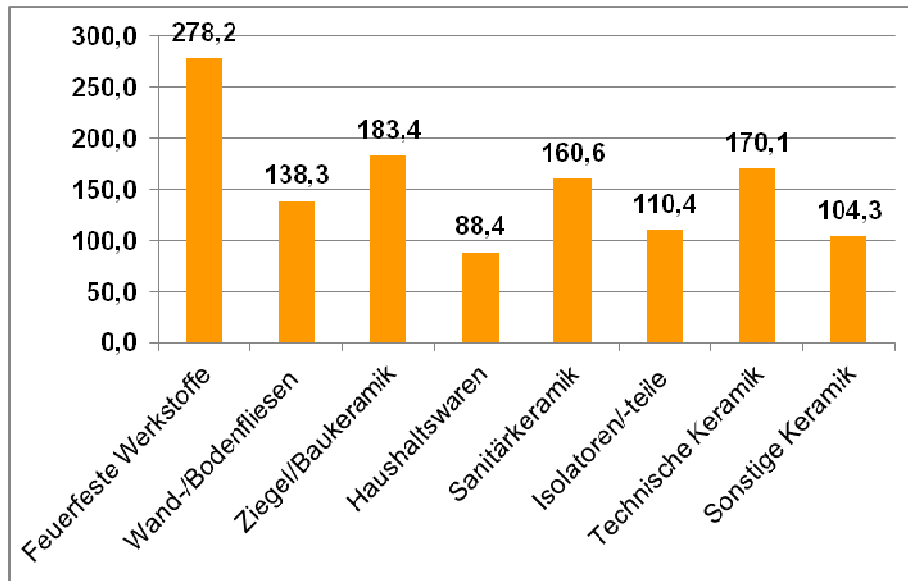


Quelle: Destatis

Die durchschnittlich realisierten Umsätze pro Mitarbeiter in den jeweiligen Sparten wiesen erhebliche Bandbreiten auf. Sie reichten von 88,4 TEUR bei *Keramische Haushaltswaren und Ziergegenstände* bis 278,2 TEUR bei *Feuerfeste Werkstoffe und Waren*. Divergierende Vorleistungsstrukturen könnten indes zu einem anderen Bild hinsichtlich der Wertschöpfung führen. Detaillierte Angaben stehen nur eingeschränkt zur Verfügung.

Für den Bereich der feinkeramischen Erzeugnisse liegen die Einfuhr- und Ausfuhrzahlen für die Jahre 2009 und 2010 vor. Für diesen Zeitraum ergaben sich negative Werte im Saldo, wenn auf die *Mengen (Tonnen)* abgestellt wird. Werden die *Preise* als Grundlage der Betrachtung genommen, führte Deutschland mehr feinkeramische Waren und Güter aus als ein. Hintergrund dürfte eine Konzentration auf höherwertige Keramiken sein. Bei steigenden Ausfuhren und höheren Einfuhren verringerte sich der Überschuss allerdings von 300,6 Mio. EUR auf 242,8 Mio. EUR um fast 20 Prozent von 2009 auf 2010.

Abb. 7: Umsatz pro Beschäftigten in den keramischen Industriesparten (in TEUR)



Quelle: Destatis

In der Tab. 3 sind für ausgewählte Segmente die Salden der Ausfuhr-/Einfuhr-Entwicklungen abzulesen. Gravierende Defizite bestanden im Bereich Mosaik und Fliesen glasiert sowie unglasiert. Alle anderen aufgeführten Sparten der feinkeramischen Industrie wiesen Ausfuhrüberschüsse auf. Der positive Exportsaldo in Geldeinheiten war insbesondere in der chemisch-technischen Keramik sowie bei Schleifgewebe/-papier und Schleifkörper hoch. Des Weiteren waren in den Bereichen Porzellan Geschirr, Sanitäre Keramik sowie Isolatoren und Isolierteile die Ausfuhren deutlich höher als die Einfuhren. Insofern waren die Unternehmen aus Deutschland in diesen Bereichen nach wie vor wettbewerbsfähig.

Im Folgenden werden einzelne keramische Sparten genauer analysiert.

Tab. 3: Aus- und Einfuhr Deutschlands an feinkeramischen Erzeugnissen

Feinkeramische Erzeugnisse	2009		2010	
	Tonnen	TEUR	Tonnen	TEUR
SALDO gesamt	-736.760,8	300.638	-804.250,5	242.800
<i>davon unter anderem</i>				
Schleifkörper	16.960,1	141.561	19.201,1	172.001
Schleifgewebe/-papier	16.056,5	166.405	20.425,3	179.265
Mosaik u. Fliesen unglasiert	-30.439,9	-4.883	-48.107,9	-11.638
(Menge in 1.000 qm)	-3.150,3		-4.331,9	
Mosaik u. Fliesen glasiert	-625.904,9	-259.861	-656.222,7	-262.565
(Menge in 1.000 qm)	-34.939,7		-36.643,0	
Sanitäre Keramik	-23.849,2	77.436	-34.875,5	71.787
Porzellan Geschirr	-48.656,4	106.947	-56.004,0	74.925
Porzellan Ziergegenstände	-1.911,5	4.549	-3.184,2	2.263
Chem.-technische Keramik	18.910,2	104.009	15.879	428.751
Isolatoren	3.380,2	25.363	2.070,9	33.860
Isolierteile	3.735,3	39.606	3.731,9	51.394

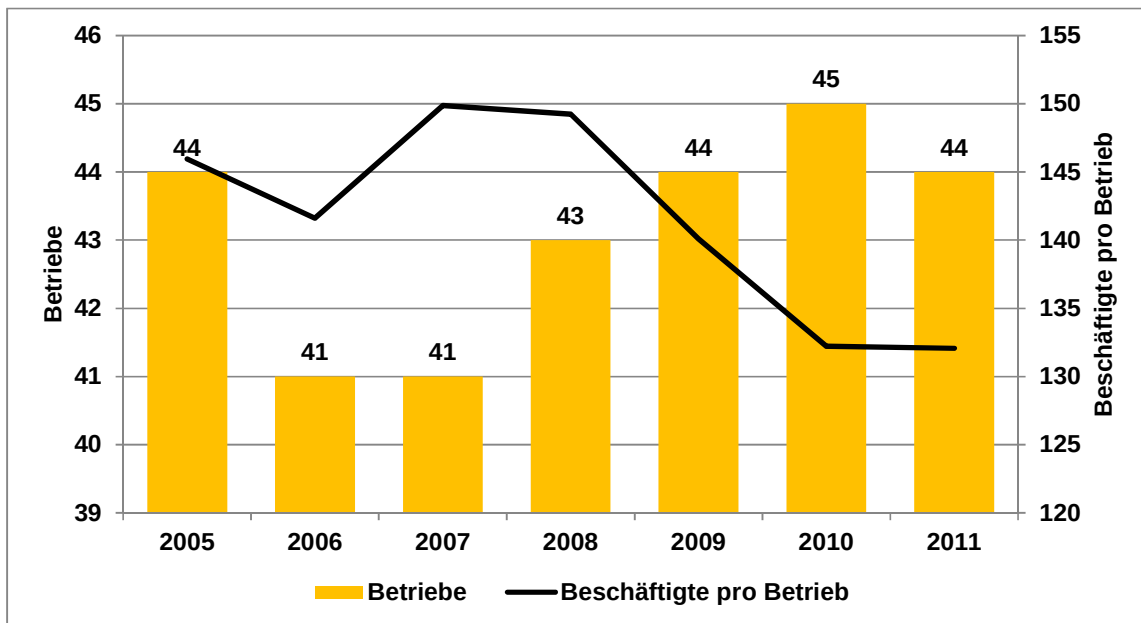
Quelle: Destatis, Verband der Keramischen Industrie e.V., in: BMWi 2012 (Stand: 22.02.2011).

2.4.1 Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren

Das Wirtschaftssegment 23.2 *Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren* umfasste im Jahre 2011 - wie 2005 - 44 Betriebe. Feuerfeste Erzeugnisse sichern die Funktionsfähigkeit von Hochtemperaturprozessen und kommen insbesondere bei der Herstellung von Eisen und Stahl (rund zwei Drittel des Umsatzes im Stahlsegment), in der großtechnischen Schmelzung von Metallen und Glas, Zement, Kalk und Keramik sowie bei der Energieerzeugung zum Einsatz.

In diesen Wirtschaftseinheiten waren 5.811 Beschäftigten tätig, was gegenüber 2005 einem Arbeitsplatzrückgang um rund 9,5 Prozent entsprach. Die durchschnittliche betriebliche Beschäftigtenzahl verringerte sich infolgedessen von 146 Mitarbeitern im Jahre 2005 auf 132 Mitarbeiter 2011 (vgl. Abb. 8).

Abb. 8: Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren (WZ 23.2): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe



Quelle: Destatis

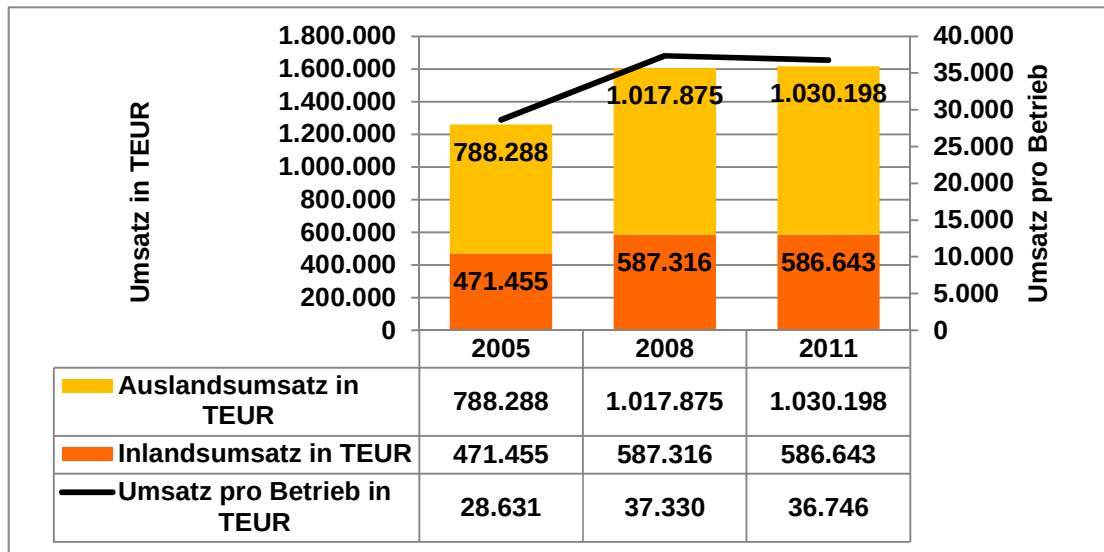
2011 wurde mit *Feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren* ein Umsatz in Höhe von rund 1,6 Mrd. EUR erzielt; 28,3 Prozent mehr als 2005. Mit diesem Umsatzwert konnte das Rekordjahr 2008 übertroffen werden (vgl. Abb. 9). Durchschnittlich wurde pro Betrieb ein Umsatz von rund 36,7 Mio. EUR im Jahre 2011 realisiert.

Im betrachteten Zeitraum fiel insbesondere die Steigerung der Ausfuhren ins Gewicht. Inzwischen wird fast zwei Drittel des Umsatzes dieses Wirtschaftssegmentes im Ausland erzielt. Im Jahre 2011 wurde mit über einer Mrd. EUR absolut ein Rekordniveau erreicht. Die Exporte erhöhten sich von 788,3 Mio. EUR im Jahre 2005 auf 1.030,2 Mio. EUR 2011 um rund 30 Prozent. Dabei wurden rund 40 Prozent des Auslandsumsatzes in Gebieten erzielt, die außerhalb der Eurozone liegen.

Die Unternehmen der Branche *Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren* konnten bislang insofern Währungsschwankungen abfedern. Nicht nur wegen ihrer technologischen Stärke ist sie international weiterhin extrem Wettbewerbsstark.

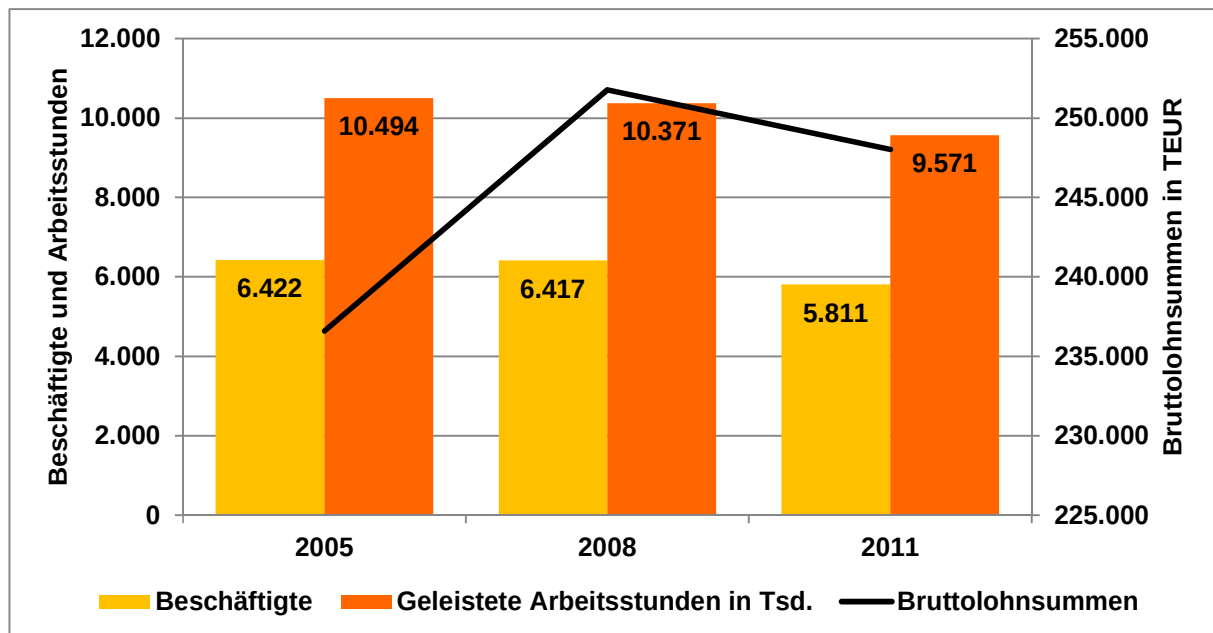
Der Umsatzzuwachs wurde nämlich mit rund 9 Prozent weniger Beschäftigte sowie Arbeitsstunden bewerkstelligt (vgl. Abb. 10). Der durchschnittliche Umsatz pro Beschäftigten stieg seit 2005 um 41,9 Prozent von knapp 200 TEUR auf 278 TEUR im Jahre 2011 an. Im gleichen Zeitraum erhöhten sich die Entgelte pro Beschäftigten (2011: durchschnittlich 42.630 EUR) bzw. pro Arbeitsstunde (2011: knapp 26 EUR) vergleichsweise geringer. Sie stiegen in dieser Periode nur um etwas über 15,7 Prozent an.

Abb. 9: Umsätze im Bereich Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren



Quelle: Destatis

Abb. 10: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Segment Feuerfeste Keramik



Quelle: Destatis

Da im Detail die Ermittlung aktueller Wertschöpfungszahlen erheblichen Rechercheaufwand erfordert hätte, wurde im Rahmen des Vorhabens davon Abstand genommen. Deshalb ist indes nicht genau zu ergründen, ob die Auseinanderentwicklung von Umsatzzuwachs und Entgeltzuwachs auf höhere Energie- und Materialkosten zurückzuführen ist oder ob sich dahinter Umverteilungsprozesse verbergen.

Insgesamt bestätigen die arbeitsorientierten Kenngrößen die oben beschriebenen Optimierungen der Prozesstechnologien. Eine deutliche Steigerung der Arbeitsproduktivität für das Segment *Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren* bleibt festzuhalten.

2.4.2 Produktion von keramischen Baumaterialien

Statistisch werden in der Industriegruppe Herstellung von keramischen Baumaterialien die Sparten Wand- und Bodenfliesen sowie die Produktion von Ziegeln und sonstigen Baukeramiken erfasst. Grob entfallen auf den Bereich Wand- und Bodenfliesen ein Drittel der ökonomischen Aktivitäten in diesem Wirtschaftssegment; der Rest auf die Herstellung von Ziegeln u.a.

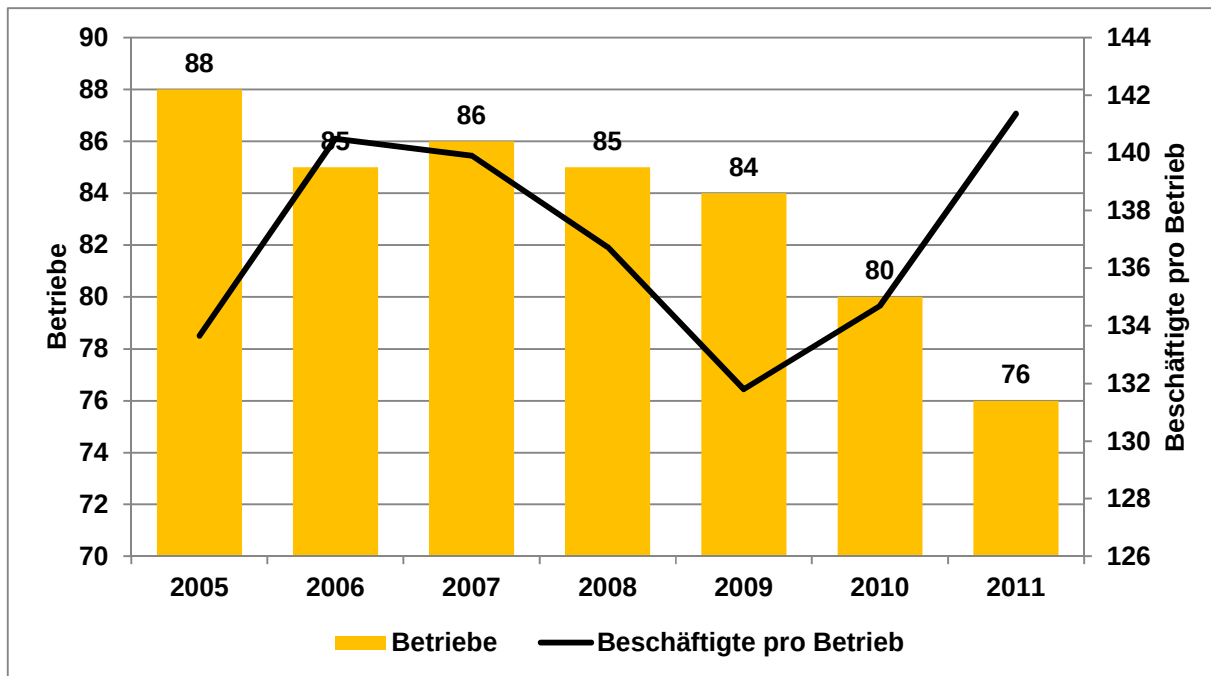
2011 wurden 76 Betriebe in diesem Wirtschaftszweig gezählt (vgl. Abb. 11). Die Verminderung der Betriebe um 12 seit 2005 (fast 14 Prozent) deutet auf einen immensen Wettbewerbsdruck in der Wirtschaftsgruppe hin. Der Rückgang fand ausschließlich im Bereich der Herstellung von Ziegeln und sonstigen Baukeramiken statt. Die Anzahl der Betriebe im Segment Wand- und Bodenfliesen blieb mit 24 Firmen konstant.

Die Baumaterial-Betriebe erwirtschafteten 2011 mit knapp 10.750 Beschäftigte einen Umsatz von rund 1,74 Mrd. EUR. Damit betrug die durchschnittliche Firmengröße rund 141 Mitarbeiter.

Im Vergleich zu 2005 (ca. 1,5 Mrd. EUR) erwirtschaften die Beschäftigten einen um 25 Prozent höheren Umsatz. In diesem Segment wurden nur knapp 20 Prozent des Umsatzes im Export erzielt. Der Schwerpunkt lag dabei innerhalb der Euro-Zone. Hintergrund sind die vergleichsweise hohen Transportkosten und die in den meisten europäischen Regionen zu findenden Tonmaterialien.

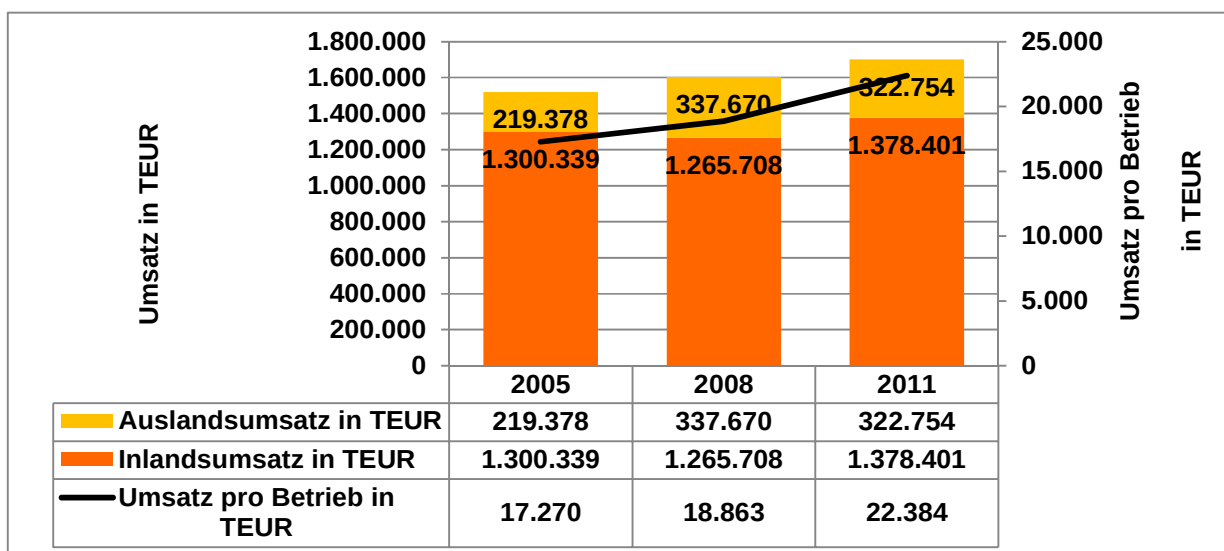
Der Umsatzzuwachs wurde sowohl mit weniger Beschäftigten als auch mit geringeren Arbeitsstunden erreicht (Abb. 13). Von 2008 auf 2011 sank die Bruttolohn- und Gehaltssumme auf 383,1 Mrd. EUR. Auch im Bereich der keramischen Baumaterialien lässt sich also eine stetige Verbesserung der Relation Umsatz zu Personaleinsatz feststellen. Wegen nicht vorhandener Wertschöpfungskennzahlen sind auch in diesem Falle die Interpretationsmöglichkeiten beschränkt.

Abb. 11: Herstellung von Baumaterialien (WZ 23.3): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe



Quelle: Destatis

Abb. 12: Umsätze bei der Herstellung von Baumaterialien

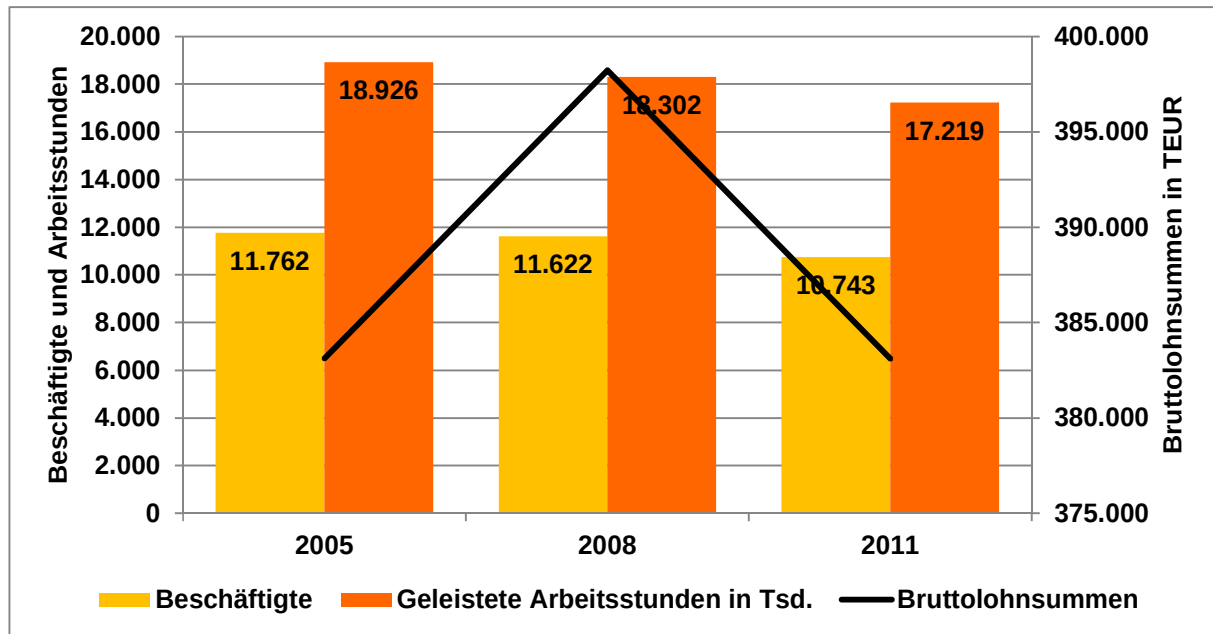


Quelle: Destatis

Im Jahre 2011 lag das durchschnittliche Entgelt pro Beschäftigten in dieser Industriegruppe bei knapp unterhalb von 36.000 EUR. Gegenüber 2005 stiegen die Löhne und Gehälter

pro Mitarbeiter um 9,5 Prozent an. Damit blieb die Entgeltentwicklung hinter der Umsatzentwicklung zurück. Sie erhöhte sich seit 2005 um 22,6 Prozent.

Abb. 13: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Segment keramische Baumaterialien



Quelle: Destatis

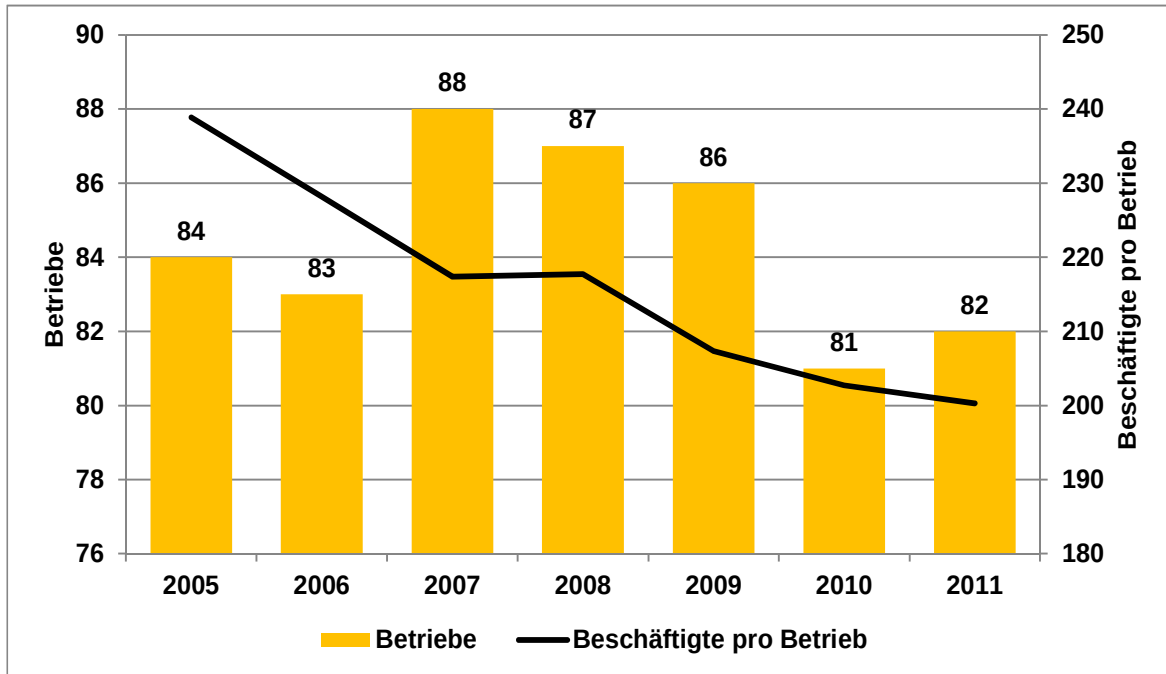
2.4.3 Herstellung von Porzellan und keramischen Erzeugnissen

Die größte Gruppe im keramischen Wirtschaftszweig ist der Bereich Herstellung von Porzellan und keramischen Erzeugnissen. Darin werden die Sparten Fertigung von keramischen Haushaltswaren und Ziergegenständen, Herstellung von Sanitärkeramik, Isolatoren und Isolierteilen aus Keramik, Produktion von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke sowie die Fertigung von sonstigen keramischen Erzeugnissen zusammengefasst. Waren 2005 noch 84 Betriebe in dem Wirtschaftszweig 23.4 aktiv, wurden 2011 nur noch 82 Betriebe registriert.

Die Anzahl der Beschäftigten nahm im gleichen Zeitraum von über 20.000 auf rund 16.400 Beschäftigte 2011 um gut ein Fünftel ab. Infolgedessen verringerte sich die durchschnittliche Anzahl der Mitarbeiter pro Betrieb in diesem Zeitraum von 239 auf 200.

Mit der Herstellung von Porzellan und keramischen Erzeugnissen wurde 2011 ein Umsatz von fast 2 Mrd. EUR erzielt. Dieser Betrag lag geringfügig unterhalb des Jahres 2005 und um rund 10 Prozent unter dem Wert von 2008. Während der Umsatz im Ausland bis 2008 zunahm und sich dann etwas reduzierte, aber dennoch über dem Ausgangsjahr lag, verringerte sich der Inlandsumsatz kontinuierlich (Abb. 15). Letzterer lag 2011 um rund 10 Prozent niedriger als 2005. Dabei waren in den einzelnen Sparten höchst unterschiedliche Entwicklungen zu verzeichnen. Der durchschnittliche Umsatz pro Betrieb blieb mit 24 Mio. EUR relativ konstant.

Abb. 14: Herstellung von sonst. Porzellan- und keramischen Erzeugnissen (WZ 23.4): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe



Quelle: Destatis

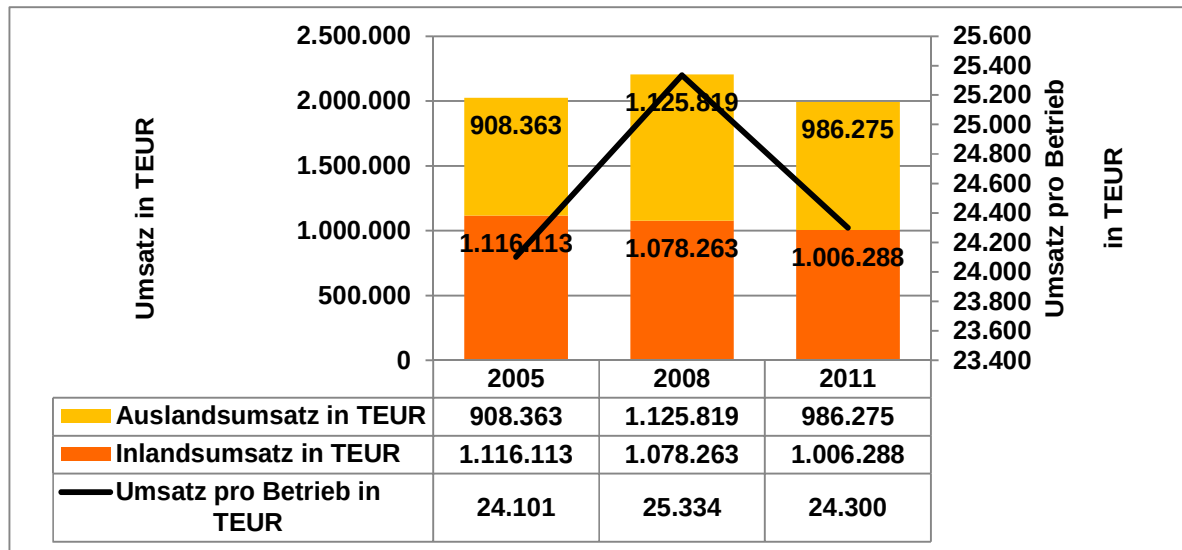
Der Umsatz wird in etwa hälftig im Inland und Ausland erwirtschaftet; dabei lag 2011 der Geschäftsanteil mit Gebieten außerhalb der Eurozone etwas oberhalb der Ausfuhren in die Eurozone.

Während sich die Anzahl der Betriebe seit 2005 nur um zwei verringerte, nahm die Anzahl der Beschäftigten (Minus von 18,2 Prozent) sowie die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden deutlich ab (ebenfalls Minus von 18 Prozent; vgl. Abb. 16). M.a.W.: In dieser Wirtschaftsgruppe verlor innerhalb von sechs Jahren jeder 6. Arbeitnehmer seinen Arbeitsplatz. Diese Entwicklung hatte auch einen Rückgang der Lohn- und Gehaltssumme zur Folge.

Der durchschnittliche Umsatz pro Beschäftigten lag in diesem Wirtschaftszweig bei ca. 121 TEUR sowie pro Arbeitsstunde rund 80 EUR. Das durchschnittliche Entgelt lag bei etwas unter 32.500 EUR im Jahre 2011.

Im Vergleich zu 2005 erwirtschafteten die Unternehmen einen um rund 20 Prozent höheren Umsatz pro Beschäftigten sowie einen um etwa 21 Prozent höheren Umsatz je Arbeitsstunde. Die Entwicklung der Entgelte in dieser Wirtschaftsgruppe blieb mit 18 Prozent nur knapp unterhalb dieses Niveaus.

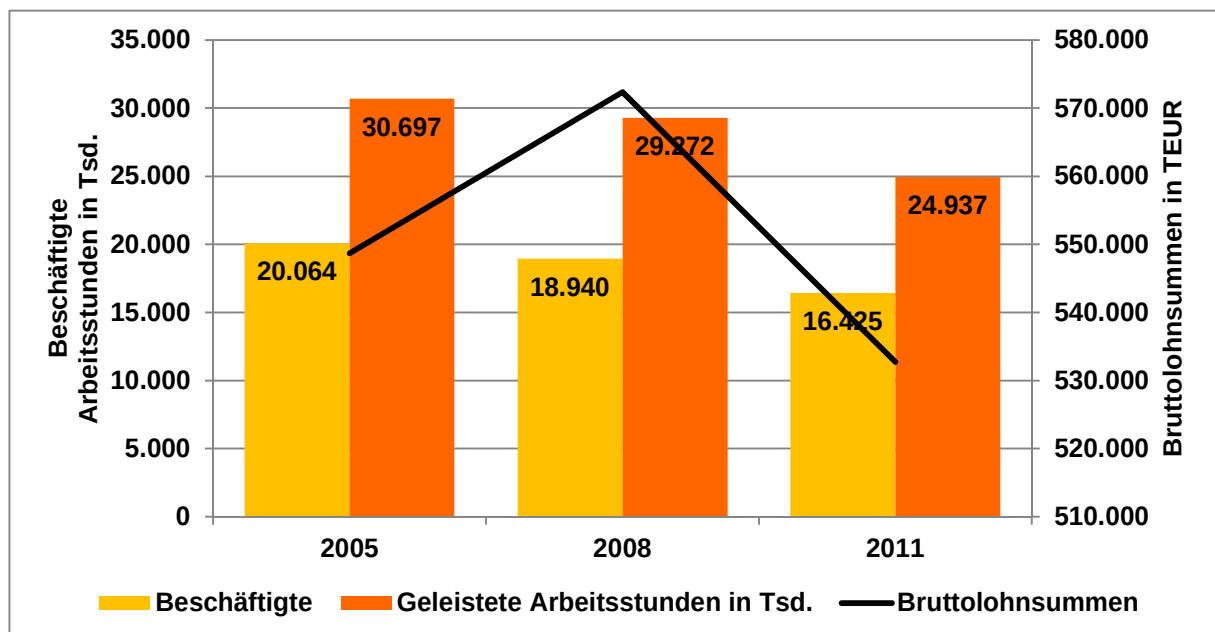
Abb. 15: Umsätze im Wirtschaftszweig Porzellan- und keramische Erzeugnisse



Quelle: Destatis

Der Wirtschaftszweig Porzellan und sonstige Keramiken ist auch in den letzten sechs Jahren allgemein von deutlichen Krisenphänomenen charakterisiert. Die verschärfte internationale Konkurrenz führte zu verringerten Umsätzen und Beschäftigten. Insgesamt scheinen sich viele Betriebe im Porzellan- und Sanitärbereich nunmehr stabilisiert zu haben. Die Sparte Herstellung von technischen Keramiken hat indes eine andere Entwicklung als die Gesamt Branche genommen.

Abb. 16: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Wirtschaftszweig Porzellan und sonstige Keramiken

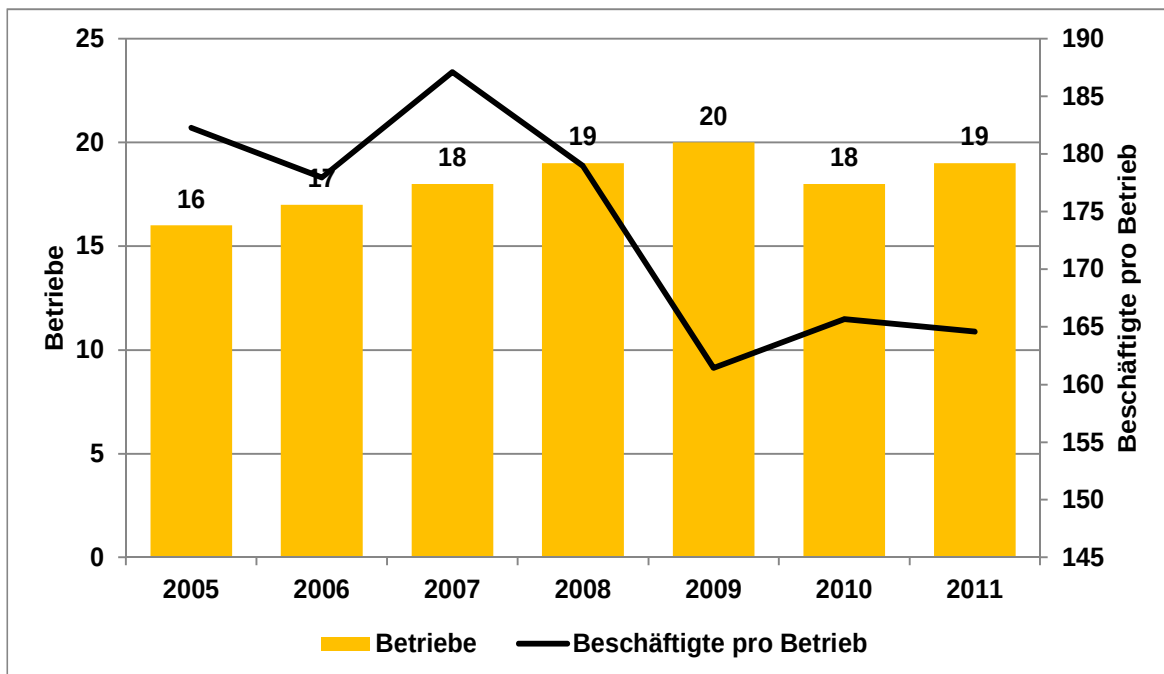


Quelle: Destatis

2.4.4 Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke

Ein qualitativ hervorragender Bereich im Wirtschaftszweig 23.4 stellt die technische Keramik im engsten Sinne dar (WZ 23.44). In dieser Wirtschaftssparte wurden im Jahre 2011 19 Betriebe erfasst. Dieses waren 3 Betriebe mehr als 2005. Die Beschäftigtenzahl lag Ende 2011 bei 3.127 Mitarbeitern. Zwar war dieser Wert oberhalb von 2005; der Höchststand von 3.400 Arbeitsplätzen im Vorkrisenjahr 2008 wurde indes nicht mehr erreicht. Infolgedessen sank die durchschnittliche Beschäftigung pro Betrieb von 182 im Jahre 2005 auf 165 Mitarbeiter im Jahre 2011. Auch in diesem Segment haben wir es folglich mit eher mittelständischen Strukturen zu tun.

Abb. 17: Technische Keramik (WZ 23.44): Betriebe und Beschäftigte pro Betrieb

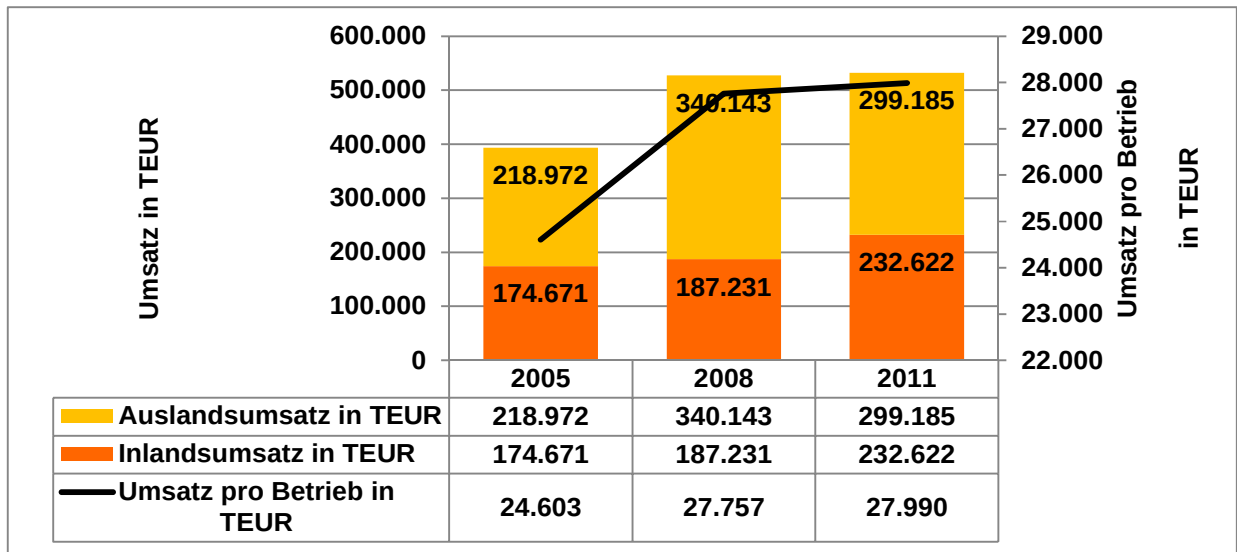


Quelle: Destatis

Die Betriebe der technischen Keramik erzielten 2011 einen Umsatz von rund 531,8 Mio. EUR. Dieser Betrag lag um rund 35 Prozent über dem Wert von 2005 und in etwa auf dem Niveau von 2008. Der durchschnittliche Umsatz pro Betrieb beträgt rund 30 Mio. EUR (Abb. 18).

Allerdings hat sich der Anteil des Inlandsumsatzes zu Lasten des Auslandsumsatzes erhöht. Der Auslandsumsatz überwiegt in dieser Wirtschaftssparte zwar weiterhin. Aber der diesbezügliche Anteil ist auf 56,3 Prozent im Jahre 2011 gesunken. 2008 betrug der Auslandsumsatzanteil noch 64,5 Prozent. Dabei ist der Anteil der Waren, die in Staaten außerhalb der Euro-Zone geliefert werden, höher als die Lieferungen in die Euro-Zone.

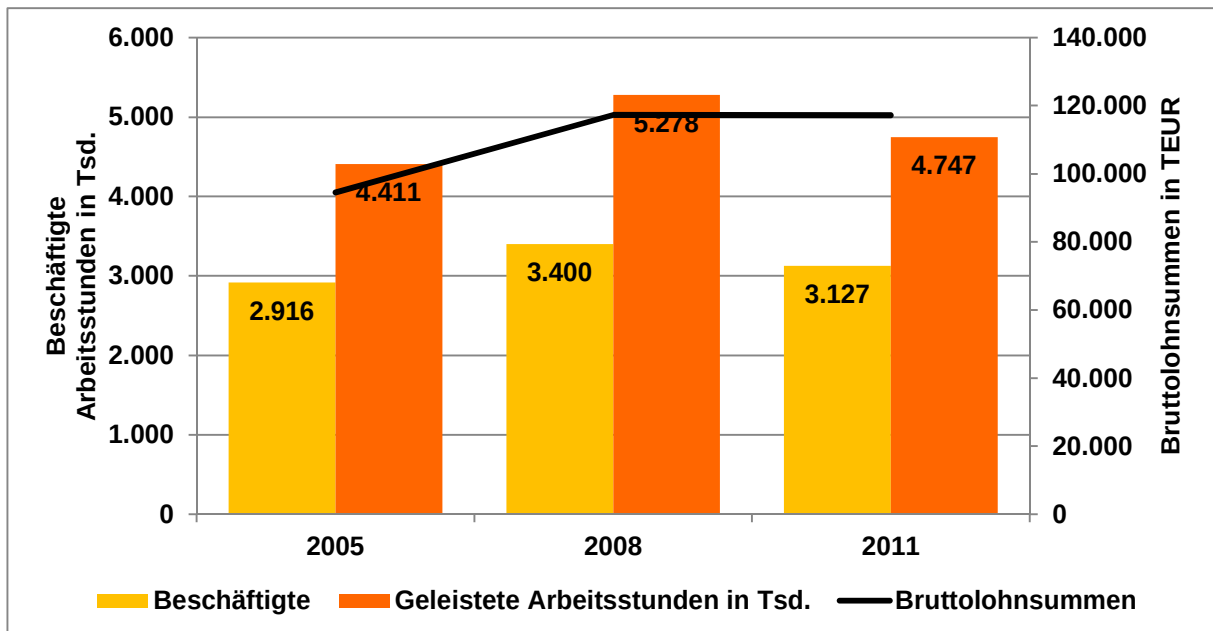
Abb. 18: Umsätze im Bereich Technische Keramik (WZ 23.44)



Quelle: Destatis

Neben der Beschäftigung nahmen seit 2008 auch die geleisteten Arbeitsstunden ab. Ende 2011 beliefen sie sich auf knapp 4,8 Mio. Stunden. Die Bruttolohn- und Bruttogehaltssumme erreichte 2011 einen Wert von rund 117 Mio. EUR; der Entgeltanteil betrug folglich rund 22 Prozent am Umsatz.

Abb. 19: Arbeitsorientierte Kenngrößen in der Wirtschaftssparte technische Keramik



Quelle: Destatis

Das durchschnittliche Entgelt pro Beschäftigten in dieser Industriegruppe lag bei rund 37.500 EUR. Gegenüber 2005 stiegen die Entgelte somit um rund 15,6 Prozent. Da sich gleichzeitig die Umsätze pro Beschäftigten bzw. pro Arbeitsstunde um etwa 26 Prozent erhöhten, blieb die Entgeltentwicklung hinter der Umsatzentwicklung zurück.

2.5 Hoher Energiebedarf und CO₂-Emissionsausstoß

Der Energieverbrauch in der keramischen Industrie ist auf Grund der Trocknungs- und Brennvorgänge ziemlich hoch. Anhand der Angaben des DIW u.a. lag der Endenergieverbrauch der keramischen Wirtschaft bis 2008 bei etwas unter einem Prozent der gesamten Industrie in Deutschland (DIW u.a. 2011; vgl. Tab. 4). Der keramische Wirtschaftszweig zählt somit zu den energieintensiven Segmenten der deutschen Volkswirtschaft.

Auf der ersten internationalen Klimakonferenz in Berlin im Jahre 1995 verpflichtete sich die Bundesregierung Deutschlands, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahre 2010 gegenüber 1990 um 21 Prozent zu verringern. Im Rahmen von Selbstverpflichtungen sind einige Industriezweige freiwillige Zielvereinbarungen über spezifische CO₂-Minderungen eingegangen.

Zu diesen Wirtschaftssegmenten zählen u.a.

- die *Feuerfestindustrie* mit einer 35 prozentigen Minderungszusage der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012,
- die *Produzenten von keramischen Fliesen und Platten*, die eine Reduktionsvereinbarung in Höhe von 30 % der spezifischen CO₂-Emissionen pro t Fliesen und Platten bis 2012 eingingen, sowie
- die *Ziegelindustrie*, welche zusagte, 28 bis 30 % der spezifischen CO₂-Ausstoßes pro t Ziegel bis 2012 im Vergleich zu 1990 zu verringern.

Die Zielerreichung der Selbstverpflichtungen wird vom Rheinisch-Westfälischen Institut in Essen wissenschaftlich begleitet. Danach werden die Wirtschaftsbereiche *Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren* sowie *Fliesen- und Baukeramik* sowie die *Ziegelindustrie* ihre Ziele bis 2012 nicht erreichen (RWI 2010).

Bis 2012 ist die keramische Branche als energieintensiver Industriezweig zudem von der Strom- und Energiesteuer befreit worden. Eine Neuregelung steht in diesem Jahr an. Man erwartet, dass im Zuge der Neujustierung die Etablierung von Energiemanagementsystemen vorgeschrieben werden könnte.

Das europäische Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)-Büro sah in ihrem 2007 erstellten Referenzdokument zu den (damals) best-verfügbaren Technologien ungefähr 50 Techniken, Umweltbelastungen zu vermeiden und zu verringern sowie Energie zu sparen. Um den Energieverbrauch weiter zu senken, wurden vor allem folgende Möglichkeiten skizziert:

- Verbesserte Konstruktion von Brennöfen und Trockner,
- Rückgewinnung von überschüssiger Wärme aus Brennöfen, speziell aus deren Kühlzonen,

- Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, wenn die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen einen ökonomisch tragfähigen Betrieb ermöglichen,
- Ersetzen von Schweröl und festen Brennstoffen durch emissionsarme Brennstoffe sowie
- Modifizierung der keramischen Formen (UBA August 2007, S. iv).

Wie in Abschnitten des 4. Kapitels dieses Berichtes beschrieben wird, haben keramische Unternehmen in Deutschland viele dieser Empfehlungen aufgegriffen und Energie einsparende Entwicklungen vorangetrieben.

Zur Minimierung der Energie- und Umweltbelastungen empfahl auch das IPPC, die Einrichtung entsprechender Managementsysteme (vgl. UBA August 2007, Abschnitt 5). Anhand dieser Werkzeuge wird den Unternehmen angeraten, sich systematisch mit ökologischen Fragestellungen auseinanderzusetzen und entsprechende Schadstoffreduktionen sowohl bei der Auslegung, der Instandhaltung, dem Betrieb sowie der Außerbetriebnahme von Anlagen einzuleiten. Denn unabhängig von politischen Maßnahmen dürfte angesichts hoher Energie- und Rohstoffpreise der Handlungsbedarf in Sachen Ressourceneffizienz weiterhin hoch bleiben, um die Wettbewerbsfähigkeit der keramischen Industrie zu erhalten bzw. zu verbessern. Viele forschungspolitische Initiativen sowie praktische Investitionen in den Unternehmen deuten darauf hin, dass sich dieser Herausforderung verstärkt angenommen wird (vgl. Kapitel 4 unten).

Tab. 4: Energieverbrauch in der keramischen Industrie

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Energieendverbrauch in PJ									
Industrie gesamt	2.421,4	2.365,4	2.322,2	2.544,6	2.581,2	2.535,0	2.604,0	2.653,1	2.528,5
Glas und Keramik	98,4	96,0	95,2	96,4	92,6	92,3	97,5	92,5	90,5
Glas	74,0	72,6	71,6	75,3	71,2	67,9	75,5	70,7	70,0
Rest	24,4	23,4	23,6	21,1	21,4	24,4	22,0	21,8	20,5
Rest (Keramik) / Gesamt in %	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
Stromverbrauch in PJ									
Industrie gesamt	748,5	750,0	751,5	789,3	809,5	823,2	824,1	850,4	837,4
Glas und Keramik	19,4	19,4	18,9	19,0	19,5	19,2	19,7	19,5	17,7
Glas	16,0	16,1	15,8	15,7	16,2	15,5	16,1	16,1	15,6
Rest	3,4	3,3	3,1	3,3	3,3	3,7	3,6	3,4	2,1
Rest (Keramik) / Gesamt in %	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Brennstoffverbrauch in PJ									
Industrie gesamt	1.672,9	1.615,4	1.570,7	1.755,3	1.771,7	1.711,8	1.779,9	1.802,7	1.691,1
Glas und Keramik	79,0	76,6	76,3	77,4	73,1	73,1	77,8	73,0	72,8
Glas	58,0	56,5	55,8	59,6	55,0	52,4	59,4	54,6	54,4
Rest	21,0	20,1	20,5	17,8	18,1	20,7	18,4	18,4	18,4
Rest (Keramik) / Gesamt in %	1,3	1,2	1,3	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1

Quelle: DIW u.a. 2011; eigene Berechnungen.

3 Marktstruktur und -qualität

3.1 Stellung der deutschen Keramikindustrie in der EU

Um die Wirksamkeit der europäischen Industriepolitik zu prüfen, ließ die DG Unternehmen und Industrie im Jahre 2008 einen Bericht über die Wettbewerbsfähigkeit des keramischen Sektors anfertigen. Danach umfasste die Keramikindustrie in der Europäischen Union 2006 rund 221.000 Beschäftigte. Dieses Niveau entsprach etwa 14.000 Arbeitsplätze weniger als im Jahre 2000 (bzw. einem Minus von 6 Prozent). Die Mitarbeiter generierten einen Umsatz von 28,1 Mrd. EUR (2000: 27.2 Mrd. EUR; ECORYS 2008, S. 10).³

Die wesentlichen keramischen Produktionsstätten der Europäischen Union liegen in Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Spanien und Italien. Obwohl einige neue ost- und mitteleuropäische EU-Mitgliedsstaaten wie Tschechien, Polen und Ungarn eine lange Tradition in der keramischen Fertigung aufweisen und sie vor ihrer Transformation in marktwirtschaftliche Systeme Keramiken in EU-Staaten exportiert haben, ist ihre Position aktuell weniger ausgeprägt.

In Deutschland ansässige Unternehmen sind wesentliche Hersteller in nahezu allen Segmenten der keramischen Industrie; speziell in den Bereichen feuerfeste keramische Werkstoffe, Sanitärkeramik und Haushaltswaren sowie technische Keramik (vgl. Kapitel 2). Italien und Spanien sind Produktionszentren von Fliesen und zu einem geringeren Grad von Haushaltswaren. Großbritannien ist der drittgrößte Hersteller von Sanitärwaren innerhalb der EU. Des Weiteren nimmt das Land mit Deutschland und Portugal den Spitzenplatz bei der Produktion von Haushaltswaren und Ziergegenständen ein. Auf Grund hoher Transportkosten sind Fertigungsstätten für Ziegel und sonstige Baukeramiken geographisch über die gesamte EU gestreut. Die Hauptproduktionsstätten für technische Keramiken finden sich neben Deutschland in Frankreich, den Niederlanden sowie Großbritannien (vgl. ECORYS 2008).

Knapp 25 Prozent der europäischen Keramikartikel wurde Mitte des letzten Jahrzehnts in Staaten außerhalb der EU exportiert. Durch das Aufkommen neuer Anbieter – vor allem aus der Türkei und China - unterliegen Ausfuhren inzwischen erschwerten Wettbewerbsbedingungen. Importe machten in den jeweiligen Keramiksegmenten Mitte des letzten Jahrzehnts durchschnittlich rund 5 Prozent aus (ECORYS 2008, S. 11). Nur der Auslandsanteil bei Haushaltswaren und Ziergegenständen war mit 60 Prozent deutlich höher und soll in den letzten Jahren noch angestiegen sein (ebd. sowie Aussagen der Interviewpartner). Die Gesprächspartner wiesen den Keramik-Betrieben aus Deutschland insgesamt dennoch eine hohe Wettbewerbsfähigkeit zu. Vielfach wurden die jeweiligen Unternehmen als „hidden champions“ auf dem Weltmarkt eingestuft.

³ Wegen statistischer Umstellungen sind vergleichbare Zahlen aktuell nur unter größerem Aufwand erhältlich.

3.2 Internationales wirtschaftliches Umfeld

Die europäische Keramikindustrie ist seit dem Ende des Ost-West-Konfliktes und der Liberalisierung der Märkte verstärkt einem echten internationalen Wettbewerb ausgesetzt (vgl. Kapitel 2.1). Der zunehmende Warenaustausch durch den „Aufstieg der Anderen“ (Zakaria 2009), die Entwicklung der Energie- und Rohstoffkosten sowie umwelt- und klimapolitische Rahmensetzungen der EU-Kommission stellen neue Herausforderungen an die Unternehmen des energie- und materialintensiven Wirtschaftszweiges der Keramik. Davon sind nicht nur die Ausfuhren betroffen. Im Bereich Haushaltswaren und Ziergegenständen werden auch verstärkt inländische Produkte verdrängt.

3.2.1 Stärken-Schwächen-Analyse

Laut ECORYS (ECORYS 2008) waren Mitte des letzten Jahrzehnts EU-Unternehmen aller Segmente der keramischen Industrie international bei Innovationen, bei der Einführung neuer Produktionstechnologien sowie bei der Qualität der Produkte besonders stark (vgl. Tab. 5). Häufig hängen dabei Produkt- und Prozessinnovationen eng zusammen, wie das Beispiel „asymetrische Formen“ von Haushaltswaren mittels Druckgussverfahren illustriert.

Viele Interviewpartner gaben an, dass in Deutschland enge Verzahnungen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen wie z.B. den Fraunhofer Instituten gegeben seien. Von daher würde die Rolle der Wissensnetzwerke in der Stärken-Übersicht für Deutschland unterschätzt. Kleinere und mittelständische Betriebe – vor allem der technischen Keramik - würden beispielsweise wiederholt auf die diversen Angebote der auf Keramik oder Materialkunde (Nanotechnologie) spezialisierten Forschungsanstalten zurückgreifen (vgl. z.B. auch die zahlreichen Projekt-Beispiele in BMBF 2011).

Tab. 5: Stärken der Keramikindustrie in der EU

Stärken der Keramikindustrie in der Europäischen Union	Haushaltswaren u. Ziergegenstände	Sanitärkeramik	Technische Keramik	Isolatoren / Isolier- teile aus Keramik	Feuerfeste kera- mische Werkstoffe	Keramische Wand- und Bodenfliesen	Ziegel u. sonstige Baukeramik
Innovation	•	•	•	•	•	•	•
Hohe Qualität	•	•	•	•	•	•	•
Design und Markenpolitik	•	•	•			•	•
Schnelle Anpassungen an Nachfrage	•	•	•				
Neue Produktionstechnologien	•	•	•	•	•	•	•
Wissensnetzwerke	•					•	
Keine Substitutionsmöglichkeiten					•		

Quelle: ECORYS 2008, S. 103.

Durch die gemeinschaftliche Nutzung der technischen Ausstattungen der Forschungseinrichtungen könnten die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Betriebe wesentlich effizienter gestaltet werden. In Folge bleiben die Unternehmen wettbewerbsfähiger.

Als Schwächen identifizierte ECORYS insbesondere das Image des Sektors, die reifen Produktionsprozesse sowie hohe „sunk costs“. Unter „Vergangenheitskosten“ werden dabei die Aufwendungen für Restrukturierungen verstanden. Um zu signifikanten Steigerungen der Skalenerträge zu gelangen, seien Massenfertigung sowie höhere Produktivität notwendig. 2008 betonte ECORYS, dass EU-Anbieter dieses Niveau oftmals nicht erreichen würden.

Dieser Einschätzung widersprachen die meisten im Projekt Interviewten.

- Zunächst sahen sie logisch einen Widerspruch in den Charakterisierungen, dass „verstärkt neue Produktionstechnologien“ entwickelt und eingesetzt würden (Tab. 5) sowie der Feststellung, eine Schwäche der Keramikindustrie seien „reife Produktionsprozesse“ (Tab. 6).
- Einige Interviewpartner wiesen zudem darauf hin, dass angesichts der vielfältigen Verbesserungen in den Produktionstechnologien in den letzten beiden Dekaden nicht von „reifen“ Produktionstechnologien und -prozessen gesprochen werden könne. In vielen Bereichen wie der Haushaltswaren- und Sanitärkeramik hätte vielmehr ein Sprung von der „Manufaktur im großen Stil“ zur industriellen Produktion mit verstärktem Einsatz von Robotern stattgefunden.

Diese Entwicklungen gingen mit einem Wandel der Beschäftigungsstruktur einher. Typische keramische Arbeitsplätze nahmen ab, Anlagen- und Verfahrenstechnische sowie EDV-Arbeitsplätze und wirtschaftlich orientierte Berufe zu (vgl. Reh 2009).

Tab. 6: Schwächen der Keramikindustrie in der EU

Schwächen der Keramikindustrie in der Europäischen Union	Haushaltswaren u. Ziergegenstände	Sanitärkeramik	Technische Keramik	Isolatoren / Isolier- teile aus Keramik	Feuerfeste keramische Werkstoffe	Keramische Wand- und Bodenfliesen	Ziegel u. sonstige Baukeramik
Geringe Produktionsflexibilität		•			•		•
Verteidigung des "Intellektuellen Eigentums"	•					•	
Image des Keramiksektors	•	•	•	•	•	•	•
Reifer Produktionsprozess	•	•	•	•	•	•	•
Hohe Eintrittsbarrieren	•	•	•	•	•		•
Hohe "sunk costs"	•	•	•	•	•	•	•
Gewicht des Produktes		•				•	•
Schwierigkeiten, das Produkt einzuführen						•	•

Quelle: ECORYS 2008, S. 105.

3.2.2 Risiken - Chancen

Der Anstieg keramischer Importwaren - speziell im Bereich Haushaltswaren und Ziergegenständen - deutete auf eine nachlassende Wettbewerbsfähigkeit in Teilsegmenten der Keramikindustrie hin. Die ECORYS-Experten sahen in den vier Feldern Handelsbarrieren, steigende Energie- und Rohstoffpreise, Regulation hinsichtlich Umwelt, Gesundheits- und Arbeitssicherheit sowie abnehmende Belegschaften die größten Herausforderungen der europäischen Keramikunternehmen (vgl. Tab. 7).

Tab. 7: Herausforderungen der Europäischen Keramikindustrie

Herausforderungen der Europäischen Keramikindustrie	Haushaltswaren u. Ziergegenstände	Sanitärkeramik	Technische Keramik	Isolatoren / Isolierteile aus Keramik	Feuerfeste keramische Werkstoffe	Keramische Wand- und Bodenfliesen	Ziegel u. sonstige Baukeramik
Kosten-Wettbewerb	•	•			•	•	
Volatile Nachfrage		•	•		•	•	•
Chinesische Konkurrenten	•	•			•	•	
Steigende Energiepreise	•	•	•	•	•	•	•
Import von Rohstoffen			•		•	•	
Regulation (Umwelt, Gesundheits- und Arbeitssicherheit)	•	•	•	•	•	•	•
Schutz geistigen Eigentums	•	•				•	
Substitution / Ersetzung	•			•		•	•
Handelsbarrieren	•	•	•	•	•	•	•
Steigende Transportkosten					•	•	•
Abnehmende Belegschaften	•	•	•	•	•	•	•

Quelle: ECORYS 2008, S. 107.

Die keramischen Unternehmen in der EU waren laut ECORYS nach wie vor einer Reihe von Importrestriktionen anderer Länder - wie z.B. hohe Zölle (USA, China, Mexiko) - ausgesetzt. Nicht-tarifäre Handelsbarrieren wirkten in einer Reihe von Staaten. Zudem schlugen sich umwelt- und klimapolitische Regulierungen der EU-Kommission im Wettbewerb nieder. Diese „Zusatzleistungen“ führten angesichts steigender Kosten sowohl für Energie- als auch für Materialrohstoffe zu Nachteilen von EU-Unternehmen (ECORYS 2008, S. 11). Darüber hinaus wirkte sich ein vergleichsweise höherer Arbeits- und Gesundheitsschutz für europäische Keramikproduzenten negativ aus (Ebd., S. 12). Sinkende Arbeitsplätze verminderten zudem die Attraktivität des Sektors insgesamt.

In öffentlichen Diskussionen werden diese, die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Unternehmen beeinträchtigenden Faktoren immer wieder betont. Häufig wird dabei jedoch vergessen, auf die Wettbewerb steigernden Faktoren von Umweltschutzregulierungen im Allgemeinen

und für die keramischen Unternehmen im Besonderen einzugehen. Diese Informationslücke hat der ECORYS-Bericht versucht, systematisch zu schließen.

Danach hat die Internationalisierung eine Reihe von spezialisierten Märkten innerhalb der EU geschaffen. Von diesen Prozessen profitierten vor allem kleine und mittlere Betriebe, die hochwertige Keramiken mittels flexibler Herstellungsverfahren produzieren. Der Druck zur Globalisierung zwang einige Unternehmen, ihre Aktivitäten regional auszudehnen und zu globalen Akteuren aufzusteigen. Diese Keramikhersteller innerhalb der EU konnten laut ECORYS aus der Internationalisierung eher Nutzen ziehen als das die Globalisierung ihnen geschadet hätte.⁴

Tab. 8: Chancen für die Europäische Keramikindustrie

Chancen der Europäischen Keramikindustrie	Haushaltswaren u. Ziergegenstände	Sanitärkeramik	Technische Keramik	Isolatoren / Isolier- teile aus Keramik	Feuerfeste keramische Werkstoffe	Keramische Wand- und Bodenfliesen	Ziegel u. sonstige Baukeramik
Fusionen / Übernahmen		•			•		•
Spezialisierung	•	•	•	•	•	•	•
Zugang zu neuen Märkten	•	•				•	•
Markenstrategie	•	•	•	•	•	•	•
Verbesserte Kundenbeziehungen	•	•	•	•		•	•
Verbesserter Service		•				•	•
"Nachhaltigere" Technologien und Produkte	•	•	•	•	•	•	•
Gesteigerte F&E-Aktivitäten	•	•	•	•	•	•	•
Kennzeichnung und Kommunikation der Vorteile						•	

Quelle: ECORYS 2008, S. 110.

Durch die Größenvorteile konnten auch Fragen der Umwelt- und klimapolitischen Regulierung (Energienutzung, Abfallregulierung, CO₂-Emissionssystem u.a.) aktiv angegangen werden. Obwohl von ECORYS hinsichtlich der Energiekosten und –verfügbarkeit einige Risiken gesehen wurden, verdeutlichen die betrieblichen Aktivitäten zumindest in Deutschland hinsichtlich der Planungen und des Aufbaus von Energiemanagementsystemen, dass sich der Herausforderungen angenommen wird.

⁴ Dennoch gingen diese Entwicklungen wegen der erheblichen Produktivität steigernden Maßnahmen der letzten beiden Dekaden häufig zu Lasten von Arbeitsplätzen.

Von vielen Interviewpartnern wurde betont, dass klimapolitische Bedrohungen durch die konstante Entwicklung neuer Technologien sowie der besseren Nutzung vorhandener Energien in der Fertigung, beim Transport sowie bei den Dienstleistungen verringert werden sollten. Dazu müssten politische Entscheidungsträger ein Rahmenwerk entwickeln, das einerseits Anreize zur Reduktion der Treibhausgase schafft. Andererseits dürfte dieses Regime aber nicht zu einer einseitigen Beeinträchtigung der heimischen Produktion im internationalen Kontext führen. Aktuelle Vorschläge des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundeswirtschaftsministerium, einen entsprechend hohen Emissionszoll einzuführen, könnten eventuell diese Brücke herstellen (Wissenschaftlicher Beirat 2012).

4 Innovationsstrategien und -aktivitäten

Bereits in der Antike wurden keramische Erzeugnisse in Form von Kunstwerken und Gebrauchsgütern wie Tierfiguren, Gefäßen und Ziegelsteinen genutzt. Ton war dabei das Basismaterial. Die Entwicklung synthetischer, feuerfester Werkstoffe bildete die Grundlage für die industrielle Revolution - insbesondere in der Stahlindustrie - und ermöglichte ab dem 16. Jahrhundert u.a. die großtechnische Herstellung von Glas, Zement, Kalk und Keramik (vgl. Brevier 2003, S. 15 ff.).

Im 19. Jahrhundert wurde Keramik zunächst als säurefestes Steinzeug und Porzellan in der chemischen Industrie eingesetzt. Anschließend kristallisierte sich die Elektrokeramik als hauptsächliche Triebkraft der beginnenden Elektrifizierung heraus. In den 1920er Jahren wurden grundlegende Lösungen für die elektrische Isolation entwickelt. Mit der Verbreitung des Rundfunks und später der Mikroelektronik erschlossen Unternehmen zusätzliche keramische Anwendungsfelder.

Die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hatte weitere technologische Neuerungen zur Folge. Vermehrt kamen und kommen neue Werkstoffe zur Anwendung. Die vier großen Gruppen Silikat-, Oxid- und Nichtoxid- sowie Piezokeramiken haben sich mittlerweile herausgebildet. Auf diesen Materialien, die große Unterschiede hinsichtlich Biege-, Druck- und Wärmeleitfähigkeit und anderer Eigenschaften aufweisen, basiert die heutige technische Keramik (vgl. ebd., S. 15 ff. sowie 142 ff.). Die Hochleistungskeramik stellt den innovativsten Part des Wirtschaftssegments dar.

Forschungen und Entwicklungen werden gegenwärtig intensiv zu allen Werkstoffen betrieben. Stetig werden dabei bekannte Werkstoffe optimiert, neuartige Materialien generiert und neue Anwendungen erschlossen.

4.1 Forschungspolitische Strategien und Strukturen

In fast allen Debatten und Untersuchungen wird derzeit die steigende Bedeutung von Produkt- und Prozessinnovationen für die Wettbewerbsfähigkeit und den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen betont. Angesichts verstärkter internationaler Konkurrenz, klimapolitischer Anforderungen sowie sich wandelnder Kundenansprüche wird Erneuerung als wesentliches Mittel angesehen, Arbeitsplätze zu erhalten (oder gar auszudehnen) und somit die Grundlagen für zukünftigen Wohlstand in Deutschland zu schaffen. Neue Produkte und (Verfahrens-)Technologien sollen gleichermaßen ökonomische, ökologische und soziale Ziele befriedigen.

Die Bundesregierung hat in der vergangenen Legislaturperiode eine übergreifende nationale Innovationsstrategie entwickelt. In der sog. Hightech-Strategie für Deutschland wurden politikfeld- und themenübergreifend Forschungs- und Innovationsaktivitäten gebündelt. Es handelt sich um die Bereiche Mobilität, Gesundheit, Klima-, Ressourcenschutz und Energie, Sicherheit sowie weiteren Schlüsseltechnologien (Bio-, Nano-, Informations- und Kommunikationstechniken u.a.).

Die 2020-Wachstumsstrategie der Europäischen Union basiert ebenfalls stark auf Wissen und Innovation. Angestrebt wird in der ersten der sieben Leitinitiativen eine „Innovationsunion“. Forschungs- und innovationsrelevante Aspekte finden sich indes auch in den Leitinitiativen „Eine digitale Agenda für Europa“ und „Ressourcenschonendes Europa“. Im 7. Europäischen Rahmenprogramm für Forschung, Entwicklung und Demonstration (2007 bis 2013) sind entsprechende Ansätze konkretisiert; es ist mit rund 54,4 Mrd. EUR das weltweit größte Forschungs- und Entwicklungsprogramm (BMBF 2010, S. 28).

Im Zuge des 8. Europäischen Forschungsrahmenprogramms ist für die Laufzeit von 2014 bis 2020 sogar ein Gesamtbudget von 87 Mrd. EUR (in aktuellen Preisen) vorgesehen. Das Horizon 2020 genannte Rahmenprogramm führt die bisherigen forschungsrelevanten Teile für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) sowie das Europäische Technologieinstitut zusammen. Es umfasst die vier Prioritäten

- Exzellente Wissenschaft,
- Industrielle Führungsrolle,
- Gesellschaftliche Herausforderungen und
- Nicht-nukleare direkte Aktionen des Gemeinsamen Forschungszentrums.

Sowohl hinsichtlich der „industriellen Führungsrolle“ in (industriellen) Schlüsseltechnologien - wie Informations- und Kommunikationstechniken, Nanotechnologien, Materialien, Produktions- und Verfahrenstechniken u.a. - als auch bei den „gesellschaftlichen Herausforderungen“ - Energieversorgung, Klimaschutz, Ressourceneffizienz, Verkehr usw. - lassen sich Forschungspotenziale und –ansätze für keramische Anwendungen erkennen.

Deutsche Forschungseinrichtungen dürften in Europa zu den führenden Institutionen der keramischen Forschung bzw. keramiknahen Materialforschung zählen. Sie wird in der Max-Planck-Gesellschaft sowie der Helmholtz-Gemeinschaft, an Universitäten bzw. in Universitäts-Instituten für Materialwissenschaften (z.B. RWTH Aachen), im Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden und Hermsdorf (Fraunhofer IKTS 2012), im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), in Fachhochschulen (z.B. Koblenz, Standort Höhr-Grenzhausen) sowie vielen anderen international angesehenen Einrichtungen und Akademien betrieben (vgl. hierzu die diversen Abschnitte in BMBF 2010).

Das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim erstellt regelmäßig Innovationsberichte zu den Industriezweigen Glas, Keramik und Steinwaren und dokumentiert somit entsprechende Aktivitäten (vgl. ZEW 2012).

4.2 Forschungsstrategische Initiative für die technische Keramik

Obwohl in den Produktionsverfahren in der feinkeramischen Industrie große technologische Verbesserungen in den letzten Jahren stattfanden (vgl. vorne Abschnitt 2.2), stellt die technische Keramik heutzutage den dynamischsten Teil der keramischen Industrie dar. Die Hochleistungskeramik wird als wichtiger Problemlöser vieler derzeitiger und zukünftiger Herausforderungen angesehen. In Konkurrenz zu anderen Werkstofflösungen liefert sie immer wieder neue substanzielle Beiträge für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit vieler Industriesektoren.

Wesentliche Treiber in der technischen Keramik Deutschlands sind aktuell

- die Elektronik (Elektromobilität, Giga-Hertz-Bereich, drahtlos),
- der Automobilsektor (Ladesysteme, Aktuatorik und Sensorik),
- die Energietechnik (Brennstoffzelle, Photovoltaik, Thermoelektrizität) sowie
- die Medizintechnik.

Vielfältige neue Werkstoffe und Werkstoffkonzepte bieten die Perspektive, bisher noch nicht entwickelte Materialien wie Thermoelektrika, Multiferroics, MAX-Phasen oder Nano-Carbon zu erschließen (Symposium Hochleistungskeramik 2011, S. 394).

Bereits diese wenigen (nur angedeuteten) Beispiele veranschaulichen, dass heutige Werkstoffe in der Regel nicht mehr mit den Materialien zu vergleichen sind, die vor ein oder zwei Dekaden auf dem keramischen Markt waren. Neben der wissenschaftlichen Forschung sorgen speziell verbesserte und neue Fertigungstechnologien für „Fortschritte bei Qualität, Reproduzierbarkeit und Betriebssicherheit“ (Brevier 2003, S. 17).

Im Jahre 2008 legte ein Koordinierungsausschuss der Deutschen Keramischen Gesellschaft (DKG) und der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) eine Roadmap für Hochleistungskeramik für die Jahre 2010 bis 2025 vor (Hochleistungskeramik 2025, 2008). Absicht war es, begleitende forschungspolitische Ansatzpunkte für aktuelle Herausforderungen wie

- das schnelle Wachstum neuer Märkte (vorwiegend im asiatischen Raum),
- den damit verbundenen steigenden Wettbewerbsdruck,
- die Dynamisierung der Technologieentwicklung sowie
- den globalen Vernetzungen auch im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu finden.

„In einem immer komplexer werdenden Umfeld“ sollten durch sorgfältige Abschätzung der Bedarfs- und Technologietrends zukünftige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte in der keramischen Branche abgeleitet werden (vgl. ebd., S. 5). Dabei war vorrangiges Ziel, „die verfügbaren Kräfte des Standortes Deutschlands“ noch besser zu bündeln. „Es sollten Handlungsanweisungen für Fördervereinigungen (DFG, BMBF, EU, AiF etc.) ebenso zur Verfügung gestellt werden, wie Möglichkeiten zukunftsgerichteter Forschung für Firmen aufgedeckt werden“ (Ebd., S. 8).

Den Verfassern der Strategieinitiative war bewusst, dass Innovationen im Feld moderner, keramischer Werkstoffe heute unterschiedlichste Disziplinen und Experten erfordern. Die Anforderungen an die Innovationskette steigen dabei permanent und werden somit immer komplexer (vgl. ebd. S. 8).

Um die Roadmap zu erstellen, wurden über 100 Experten aus Unternehmen, Wissenschaft und Forschungszentren eingebunden.

Die Ergebnisse mündeten in die drei wesentlichen Anwendungsfelder

- Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik,
- Energie und Umwelt,
- Maschinen- und Anlagenbau sowie Fertigungstechnik.

Diese Anwendungsbereiche wurden mit den Erkenntnisfeldern „Struktur- und Funktionseigenschaften der Keramik“ sowie „Prozesstechnik“ zusammen geführt. Für jedes der fünf

Segmente wurden detaillierte Entwicklungstrends und exemplarische Entwicklungsziele herausgearbeitet. Im Folgenden werden die drei wesentlichen Anwendungsfelder wiedergegeben.

4.2.1 Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnik

Die Elektronik prägt die heutige moderne Welt. Die vielfältigen Eigenschaften keramischer Werkstoffe ermöglichen einen breiten Einsatz. Elektronische Steuerungssysteme sowie Informations- und Kommunikations-(I&K-)Techniken nehmen eine zentrale Rolle im Innovationsprozess der Branche selbst sowie anderer Wirtschaftssektoren wie dem Maschinen- und Kraftfahrzeugbau sowie der Energie- und Umwelttechnik ein. Ohne speziell hierfür entwickelte keramische Werkstoffe hätte die Elektronik nicht ihre heutige technologische Schlüsselstellung erreicht.

Stetig wachsende Anforderungen hinsichtlich größerer Leistungsfähigkeit, niedrigen Kosten sowie Robustheit und Lebensdauer bilden die Basis für Produkt- und Prozessneuerungen. Die Steigerung der Integrationsdichte und der Miniaturisierung von aktiven und passiven Komponenten steht des Weiteren im Blickpunkt. Abb. 20 liefert eine komprimierte Übersicht für Piezokeramiken, die in einer Vielzahl technischer Anwendungen wie Quarzuhren, Lautsprechersystemen oder im Autobau zu finden sind. Bislang enthalten die Piezokeramiken einen hohen Anteil des giftigen Schwermetalls Blei.

Abb. 20: Anwendungsfelder und Einsatzmöglichkeiten der Piezokeramik

Anwendungsfeld	Einsatzmöglichkeit und Anwendungsgruppe
Mechano-elektrische Wandler	Tastatur, Fadenwächter in Textilmaschinen, KFZ-Crashsensor
Elektro-akustische Wandler (Empfänger)	Mikrophone, Ultraschallsensoren, Echolote, Sonarsysteme
Hochspannungsquellen (Zündelemente)	Zündung von Gasen (Haushaltstechnik), Piezotransformatoren
Schall- und Ultraschall-Geber (Sender)	Signal- und Alarmgeber, Telefonruf, Luftschallsender, KFZ-Klopfsensoren, Ultraschallreinigungsanlagen, Ultraschallschweiß-, Ultraschallbearbeitungs- und Lötanlagen, Flüssigkietzerstäubung; in Medizintechnik : Lithotrypter, Zahnsteinentferner
Resonatoren und Filterwandler	Oszillatoren, Filter, Ultraschall-Verzögerungsleitungen
Motoren und Aktoren	Piezo-Motor, Mikropumpen, Nadeldrucker, Feinjustierelemente, Ventile
Ultraschallsignalverarbeitung	Sonartechnik, Entfernungsmesser, Näherungsdetektoren, zerstörungsfreie Materialprüfung, med. Diagnostik, US-Verzögerungsleitungen, Frequenzfilter, Durchflußmesser

Quelle: Informationszentrum Technische Keramik, Selb, o.J., S. 7.

Hochleistungskeramiken kommen aktuell insbesondere in passiven elektronischen Bauelementen zum Einsatz. Zusätzlich bilden sie Schlüsselkomponenten in Subsystemen. Beispielhaft seien Drucker, medizinische und optische Geräte, Einspritz- und Zerstäubersysteme sowie Sensor- und Aktorsysteme genannt. In der Mikro- und Leistungselektronik

sowie der Modultechnik werden technische Keramiken für Aufbau- und Substrattechnologien eingesetzt.

Im Detail benannte die Strategieinitiative Hochleistungskeramik für den Bereich **Elektronik** u.a. folgende Entwicklungstrends und Forschungsziele (Hochleistungskeramik 2025, 2008, S. 15).

- Zur aktiven Geräusch- und Vibrationsunterdrückung sind adaptronische und mechatronische keramische Komponenten notwendig, die oftmals aus sehr großflächigen Materialien (Composites) aus Kunststoff und Keramikfolien oder Keramikfasern bestehen.
- Verbesselter Umweltschutz bedingt aktorische und sensorische piezoelektronische Elemente aus bleifreier Piezokeramik.
- Keramische mikroelektromechanische Systeme (MEMS) werden neben der Medizin weitere neuartige Anwendungsfelder erschließen. Dazu zählen speziell piezoelektrische Dünnschichtantriebe.
- Funktionskeramiken, spezifische Hohlraum- und Kanalstrukturen sowie eine integrierte Temperaturregelung erlauben zukünftig in der Leistungselektronik sowie der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik weitere Anwendungen unter Extrembedingungen.
- Integrierte funktionskeramische Mikroelemente – Chemosensoren, Niedertemperatur-Gassensoren sowie Biosensoren auf Basis keramischer Werkstoffe – werden höhere Empfindlichkeit und Multi-Selektivität gestatten.

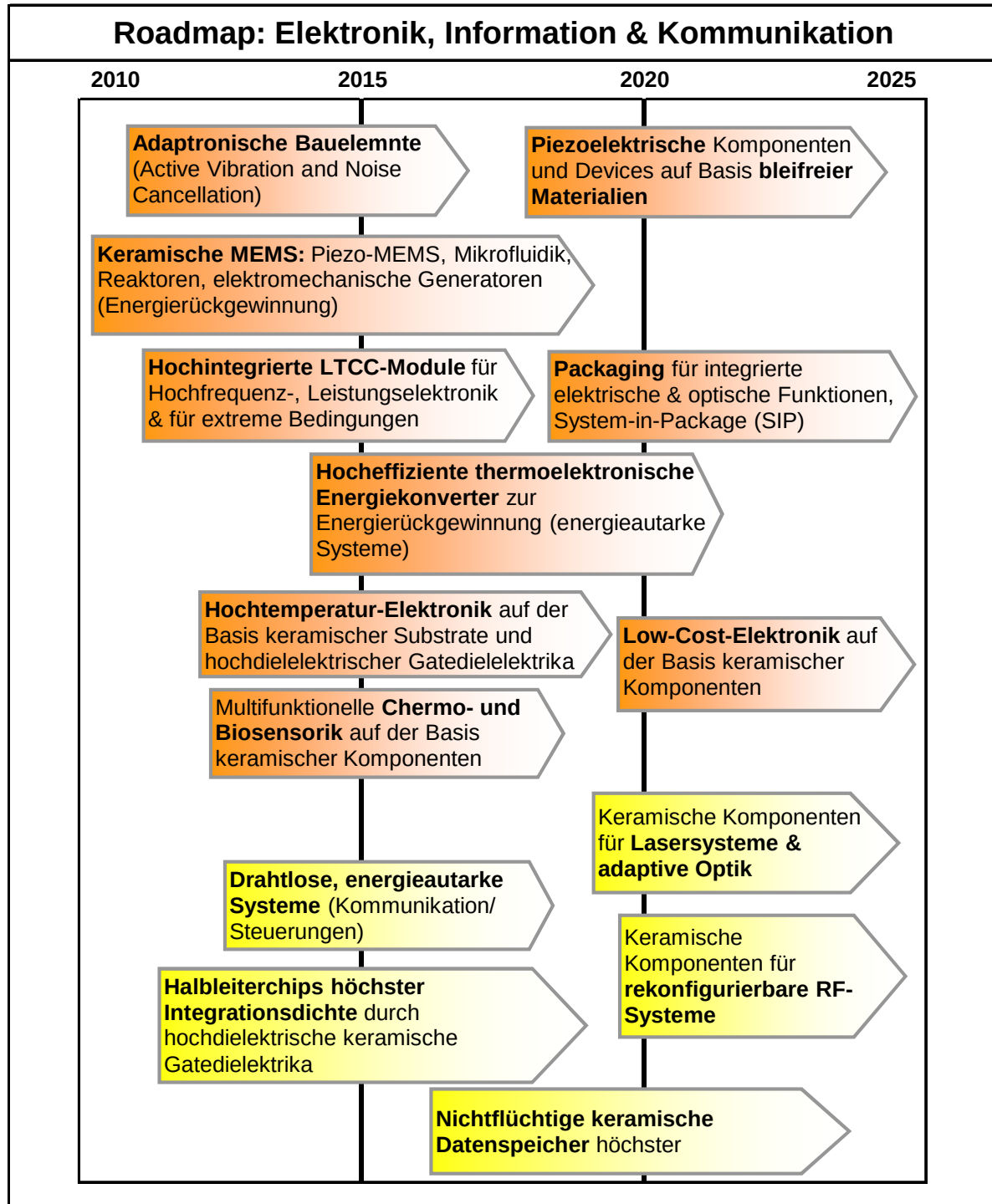
In der **Kommunikationstechnologie** wurden folgende keramische Innovationsbeiträge identifiziert (ebd., S. 15).

- Für optische Kommunikationssysteme werden keramische Komponenten einerseits in Form von Packages für die Integration wichtiger optischer Funktionskomponenten (dielektrische Wellen- oder Lichtleiter, Lichtquellen, Photodioden, Lichtmodulatoren) sowie andererseits in Form periodischer Partikelstrukturen und Schichtsysteme für photonische Bandgapstrukturen zur kompakten optischen Signalverarbeitung entwickelt.
- In drahtlosen energieautarken Kommunikations- und Steuergeräten kommen Hochleistungskeramiken hauptsächlich als Komponenten zur autarken Energieerzeugung und –speicherung zum Einsatz.
- Des Weiteren werden Funktionskeramiken und –komponenten zukünftig für RF-Systeme für Frequenzen zwischen 0,4 und 40 GHz benötigt.

Im Segment **Informationsverarbeitung und –speicherung** wurden in der Roadmap folgende innovative Gebiete und Forschungsansätze erkannt:

- Um die Integrationsdichte in der Halbleitertechnologie zu steigern, sind hochdielektrische Gatedielektrika auf der Grundlage von Monolagen aus Hochleistungskeramiken zu entwickeln.
- Moderne Formen der Logik- und Speicheranwendungen werden auf Teile der Hochleistungskeramik zurückgreifen; letzten Endes werden ferroelektrische, magnetische und eine Reihe weiterer neuartiger Speicherprinzipien auf Keramiken beruhen.

Abb. 21: Keramische Forschungsfelder im Bereich Elektronik, Information und Kommunikation



Quelle: Hochleistungskeramik 2025, 2008, S. 18.

Neue Funktionalitäten und Leistungsniveaus sahen die Experten insbesondere durch Nanostrukturen und der Nutzung biologischer Konzepte für Funktionskomponenten. Im Bereich der Integration, Miniaturisierung und Prozesstechnik wurden vor allem Entwicklungen durch niedrigere Sintertemperaturen, den Einsatz von Dünnschichttechnologien

und modernen Techniken erwartet. Biologisch basierte Herstellverfahren sollen neue Lösungsansätze ermöglichen.

Von der Werkstoffebene bis zur Systemintegration bedarf es des Weiteren über alle Bereiche hinweg neuer Modellierungs- und Simulationstools, um die Funktion, Zuverlässigkeit und Lebensdauer neuer Komponenten und Systeme zu testen. Die Abb. 21 listet die im Rahmen der Roadmap als wesentlich erkannten keramischen Entwicklungsnotwendigkeiten im Bereich Elektronik sowie I&K-Technologien auf.

4.2.2 Energie und Umwelt

Alle Prognosen sagen einen weiteren deutlichen Anstieg des weltweiten Energieverbrauchs in den nächsten Jahrzehnten voraus (z.B. IEA 2011). Angesichts knapper werdender Rohstoffe und der Risiken eines klimatischen Wandels ergibt sich die Herausforderung, Energien und Materialien effizienter einzusetzen sowie eine möglichst Treibhausgas arme Energie- und Stromversorgung aufzubauen. Die Luft-, Wasser- und Bodenbelastungen haben in verschiedenen Regionen der Welt zudem bedrohliche Ausmaße erreicht. Deshalb ist der Umweltschutz durch die Entwicklung neuer Technologien voranzutreiben.

Angesichts des hohen Ressourcenverbrauchs ist die keramische Industrie einerseits gefordert, selbst ihre Prozesse und Produkte zu optimieren. Andererseits stellt sie indes auch Lösungen für diese Herausforderung bereit.

In den Bereichen **Energieerzeugung, -verteilung, -speicherung** sowie **Energieeinsparung und -rückgewinnung** kristallisierten die Verfasser der Roadmap folgenden Forschungs- und Entwicklungsbedarf heraus (Hochleistungskeramik 2025, 2008, S. 22 ff.).

- Keramik soll – z.B. durch Verbindung komplexer Oxidkeramik mit speziellen Mikrostrukturen - im Bereich fossiler Energieerzeugung zu verbesserten Wärmedämmschichten mit verringerter Wärmeleitung sowie Barrierschichten mit hoher Widerstandsfähigkeit führen. Für Gasturbinen, Brennerdüsen und Wärmetauscher werden u.a. fehlertolerante keramische Composite-Werkstoffe und Hybridkomponenten benötigt.
- Hochtemperatur-Brennstoffzellen im industriellen Leistungsbereich (> 100 kW) erfordern kostengünstigere keramische Bauweisen sowie leistungsfähigere (keramische) Elektrolyt- und Elektrodensysteme.
- Die Entwicklung neuer keramischer Hochtemperatur-Supraleiter (z.B. MgB_2) können zu Durchbrüchen bei Transformatoren, Generatoren, Elektromotoren und Hochfeld-Magnetsystemen führen.
- Mittels keramischer Substrate werden in der Photovoltaik (z.B. SiC) Leistungssteigerungen erwartet. Gleiches gilt für die Solarthermie, in der keramische Hochleistungswärmetauscher zu weiteren Leistungszuwächsen führen können.
- Eine effizientere Energiespeicherung wird sich durch neue nanoskalierte Keramikmaterialien erhofft.

In der **Umwelttechnik** wurden folgende Forschungs- und Entwicklungsherausforderungen gesehen, um das keramische Anwendungspotenzial noch stärker zu nutzen.

- Effizienz und Herstellungsverfahren sind deutlich zu verbessern, damit keramische Filtermembranen und Katalysatoren zu einer wesentlichen Technologie für die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser werden können.
- Keramische Trennmembranen bzw. katalytische Schichten für Verbrennungsprozesse und Abgasbehandlung werden ebenso vorausgesehen wie neue edelmetallfreie Katalysatormaterialien.
- Für die keramikrelevanten Segmente der Nano- und Biotechnologie werden Fortschritte bei der sicheren Beherrschung von Prozessen, Werkstoffen und Komponenten erwartet (inklusive Standardisierung, Risikobetrachtung und Risikovermeidung).
- In beiden keramischen Anwendungsfeldern wurde vor allem Entwicklungsbedarf in Richtung extremerer Betriebsbedingungen gesehen. Im Energiebereich betrifft dieses höhere Belastungsgrenzen für Turbinen, Brennkammern, Brennerdüsen, Wärmetauscher und ähnliches. Im Umweltbereich liegen die Verbesserungen auf innovativen Lösungen, Schadstoffe und umweltkritische Materialien zurückzuhalten, abzutrennen, aufzubereiten und zu neutralisieren. Hervorzuheben ist indes auch, dass der Hoffnungsträger keramische Hochtemperatur-Brennstoffzelle die hohen Erwartungen bislang noch nicht erfüllt hat.

Im Detail sahen die Autoren der Roadmap die in der folgenden Abbildung dargestellten Erkenntnisbedarfe für die Bereiche Energie und Umwelt.

Exkurs: Filter-/Reinigungsanlagen in der Umwelttechnik

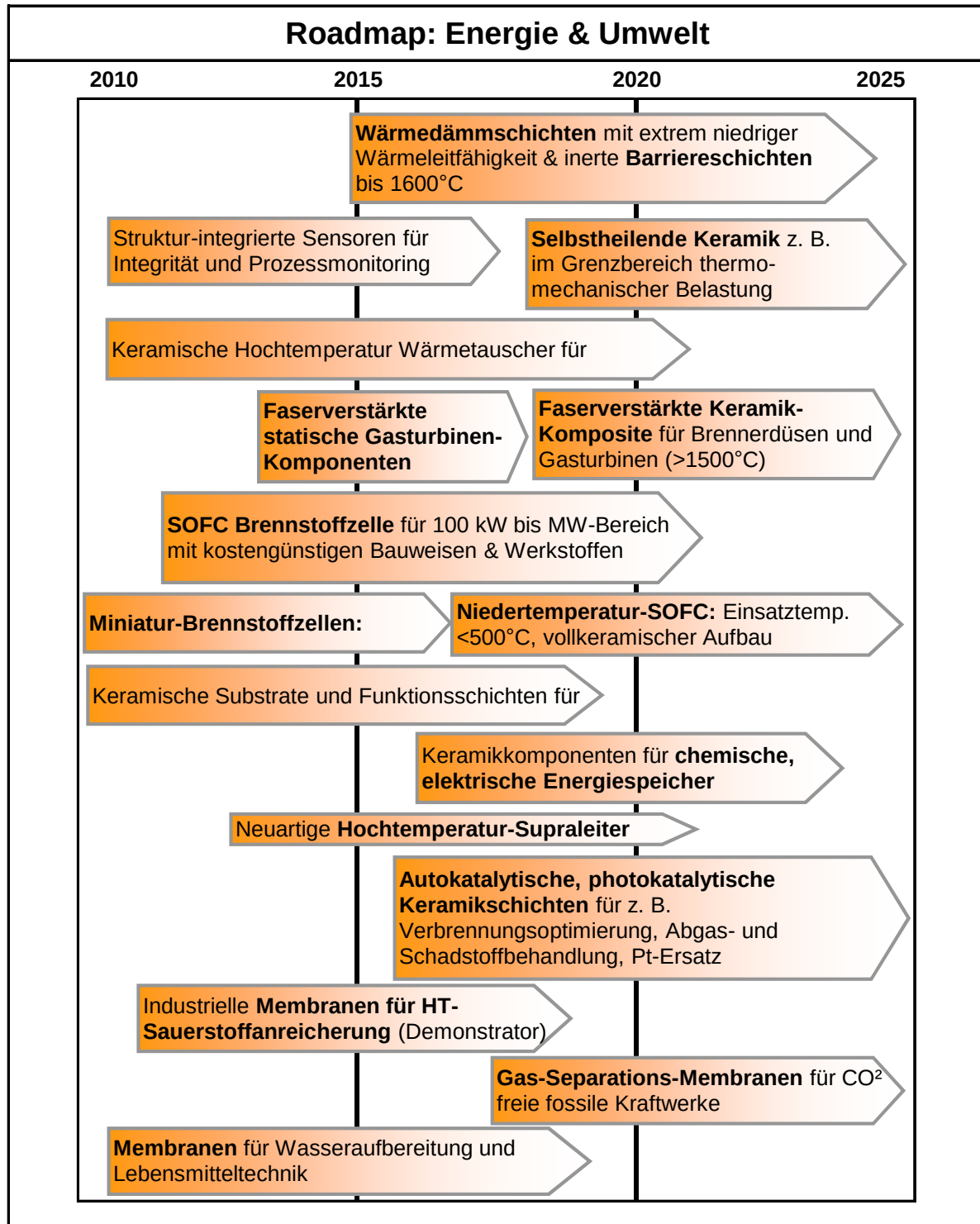
Erhöhte Anforderungen an die Abwasseraufbereitung sowie die Behandlung von industriellen Prozessströmen hatten in den vergangenen Jahren eine Ausdehnung der Filter- und Membrantechnologie zur Folge. Aufgrund der recht guten Werkstoffeigenschaften spielen dabei keramische Filter eine Vorreiterrolle. In diversen Reinigungsstufen wird das Filtrat ausgeschwemmt, eingedickt und durch kathodische Reduktion aufbereitet.

Wesentliche Einsatzgebiete der Reinigungsanlagen sind:

- Abwasseraufbereitung (Grauwasser, Faulschlamm)
- Chemische Industrie (organische Lösungsmittel, Farbstoffe)
- Biotechnologie, Pharmazie (Zellabtrennung, Proteinfiltration)
- Lebensmitteltechnologie (Milch, Bier, Wein)
- Papierindustrie (Entwässerung, geschlossene Kreislaufführung, Wertstoffrückgewinnung)
- Metall verarbeitende Industrie (Kühlschmierstoffe, Waschbäder) und
- Keramische Industrie (Aufbereitung von keramischen Suspensionen, Glasrecycling).

Quelle: Informationszentrum Technische Keramik, Anwendungen technischer Keramik, Maschinenbau/Anlagenbau, Selb, o.J.

Abb. 22: Forschungsansätze für Keramiken im Feld Energie und Umwelt



Quelle: Hochleistungskeramik 2025, 2008, S. 24.

Auf der DKG-Jahrestagung 2012 wurde aufbauend auf der Roadmap zum Bereich Energie ein Vertiefungsworkshop abgehalten. Bei den anstehenden Herausforderungen, die die nach Fukushima nun von allen politischen Akteuren akzeptierte Energiewende mit sich

bringt, wurde die Keramik - im Wettbewerb mit anderen Werkstofflösungen - als wichtiger Problemlöser gesehen.

Die Teilnehmer bemühten sich, die anwendungstechnischen Aspekte Magnete (Elektromobilität, Windenergie), neue Batterietechnologien, Faserkeramik und Brennstoffzellen sowie entsprechende Querschnittsaufgaben – nochmals - zu priorisieren. Zu den vorrangig zu bearbeitenden (Forschungs-)Aufgaben wurden Hochtemperatur-Funktionen, Lebensdauer, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Modellierung/Simulation, Multimaterialsysteme, Herstellung, up-Scaling und Prozesstechnik gezählt (Kerbe 2012, S. 97).

Des Weiteren verständigte man sich dahingehend, dass die weitere Entwicklung der Energiesysteme eine komplexe Vernetzung zwischen Erzeugung (zentral/dezentral), Übertragung und Verbrauch erfordert. In diesem Sinne wird es zukünftig notwendig sein, etablierte Systeme mittels neuer keramischer Lösungen effektiver und flexibler zu machen.

- Beispielhaft nannten Rossner und Bast auf der DKG-Jahrestagung 2012 die Erhöhung der thermischen Belastbarkeit von Turbinen durch neue Werkstoffe für Schaufeln, den Ausbau einer Hochspannungs-Schalt- und Übertragungstechnik (Werkstoffe für das Schalten hoher Spannungen) sowie neue Werkstofflösungen in der Lichttechnik (vgl. Kerbe 2012, S. 96).
- Der weitere Ausbau erneuerbarer Energien würden des Weiteren die Entwicklung elektrischer und/oder chemischer Speichertechnologien, Brennstoffzellen, Hochleistungs-Permanentmagnete sowie thermische Schutzschichten erfordern. Auch hier können Keramiken verstärkt zur Anwendung kommen (ebd.).

Verschiedene Referenten sprachen sich dafür aus, die Energiewende in Deutschland als „Applikationslabor“ und „Innovationslieferant“ in Vorbereitung zukünftiger Exportgeschäfte zu nutzen. Applikationserkenntnisse in der Lehre seien zu stärken und anwendbare Lösungen aus dem akademischen Bereich heraus zu demonstrieren (ebd.).

Exkurs: Hochleistungskeramik in Lithium-Ionen-Batterien

Speichertechnologien werden eine der wesentlichen Säulen der Energiewende sein. Innerhalb einer vergleichsweise kurzen Zeit müssen erhebliche Kapazitäten zur Verfügung stehen, um große Mengen aus erneuerbarer Energie erzeugten Strom zentral und dezentral zu speichern. Notwendig sind deshalb große Speicheranlagen mit industriellen Dimensionen sowie viele kleinere dezentrale Einheiten.

Lithium-Ionen-Akkumulatoren werden ein Baustein in diesem Szenario sein. Obwohl derartige Batterien derzeit vor allem im Konsumbereich genutzt werden, gehen Forscher der Fraunhofer-Allianz Hochleistungskeramik davon aus, dass Lithium-Ionen-Akkumulatoren bei weiterer Optimierung zukünftig auch im Bereich der Elektromobilität sowie für stationäre Speicherung Anwendung finden werden.

Quelle: Fraunhofer-Allianz Hochleistungskeramik, Advancer Newsletter 2/2010.

4.2.3 Maschinen- und Anlagenbau sowie Fertigungstechnik

Eine wachsende Weltbevölkerung benötigt verstärkt Produktionsmittel, um die (lebensnotwendigen) Konsumartikel herstellen und somit befriedigen zu können. Insofern ist perspektivisch von einer weltweit steigenden Nachfrage nach Maschinen und Industrieanlagen auszugehen.

Keramische Werkstoffe haben sich im Anlagen- und Maschinenbau wegen ihrer herausragenden Härte, Verschleißfestigkeit, Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit sowie spezieller funktionaler Eigenschaften vielfach durchgesetzt. Da sie in der Korrosionsbeständigkeit fast alle metallischen Werkstoffe übertreffen, sind keramische Werkstoffe besonders vorteilhaft für die chemische Verfahrenstechnik.

Der internationale Wettbewerb wird zu verstärktem Innovationsdruck führen. Einerseits werden schnellere und kostengünstigere Fertigungstechniken und Herstellverfahren benötigt. Andererseits gilt es, den Wirkungsgrad der Maschinen und Anlagen durch Verringerung des Ressourcen- und Energieverbrauchs zu steigern. Vor diesem Hintergrund erwarteten die Roadmap-Verfasser einen verstärkten Einsatz der Keramik in folgenden Segmenten.

- In der Pumpentechnik wird die verstärkte Verwendung von keramischen Hochleistungs-Gleitringdichtungen prognostiziert. Durch den Gebrauch von keramischen Gleitlagern wird eine deutliche Reduktion bzw. der gänzliche Fortfall von Schmier- und Kühlmitteln erhofft.
- Um Verschleiß bei Anlagenkomponenten zu verringern, wird angesichts der Oberflächentopographie, der guten Reproduzierbarkeit und den optimalen Reibungsverhältnissen keramischen Teilen / Materialien ein großes Anwenderpotenzial zugesprochen.
- Aufgrund ihrer guten mechanischen und tribologischen Eigenschaften werden neue keramische Verbundwerkstoffe als Umform- und Schneidwerkzeuge in der Konstruktion von Maschinen- und Anlagenkomponenten zunehmend Verwendung finden.
- Der Miniaturisierungstrend führt zur Entwicklung neuer Mikromaschinen mit vielen keramischen Mikrokomponenten, die sowohl in der Medizin- und Kommunikationstechnik als auch in Mini-Gasturbinen und Mini-Brennstoffzellen eingesetzt werden.
- Zudem dürften große keramische Bauteile verstärkt zum Einsatz kommen. Als Beispiele werden in der Strategieinitiative Wälzlager für Großanlagen wie Windenergieanlagen genannt.

Aus diesen Herausforderungen wurden vielfältige Erkenntnis- und Forschungsbedarfe im Bereich der Prozesstechnik abgeleitet (Abb. 23). Zudem erwarteten die Roadmap-Ersteller, dass der Bedarf an hochzähen Keramiken mit hoher Festigkeit und Verschleißbeständigkeit steigen würde. Zusätzlich würden Keramiken mit guter elektrischer Leitfähigkeit sowie Werkstoffverbunde zu entwickeln sein. Wie bei den anderen Anwendungsbereichen müssten ebenfalls die Simulationstools entlang der Prozesskette gestärkt werden. Die zu gewinnenden Erkenntnisse einschließlich Zeitperspektive werden in der folgenden Teil-Roadmap „Keramik in Maschinen und Anlagenbau“ aufgezeigt.

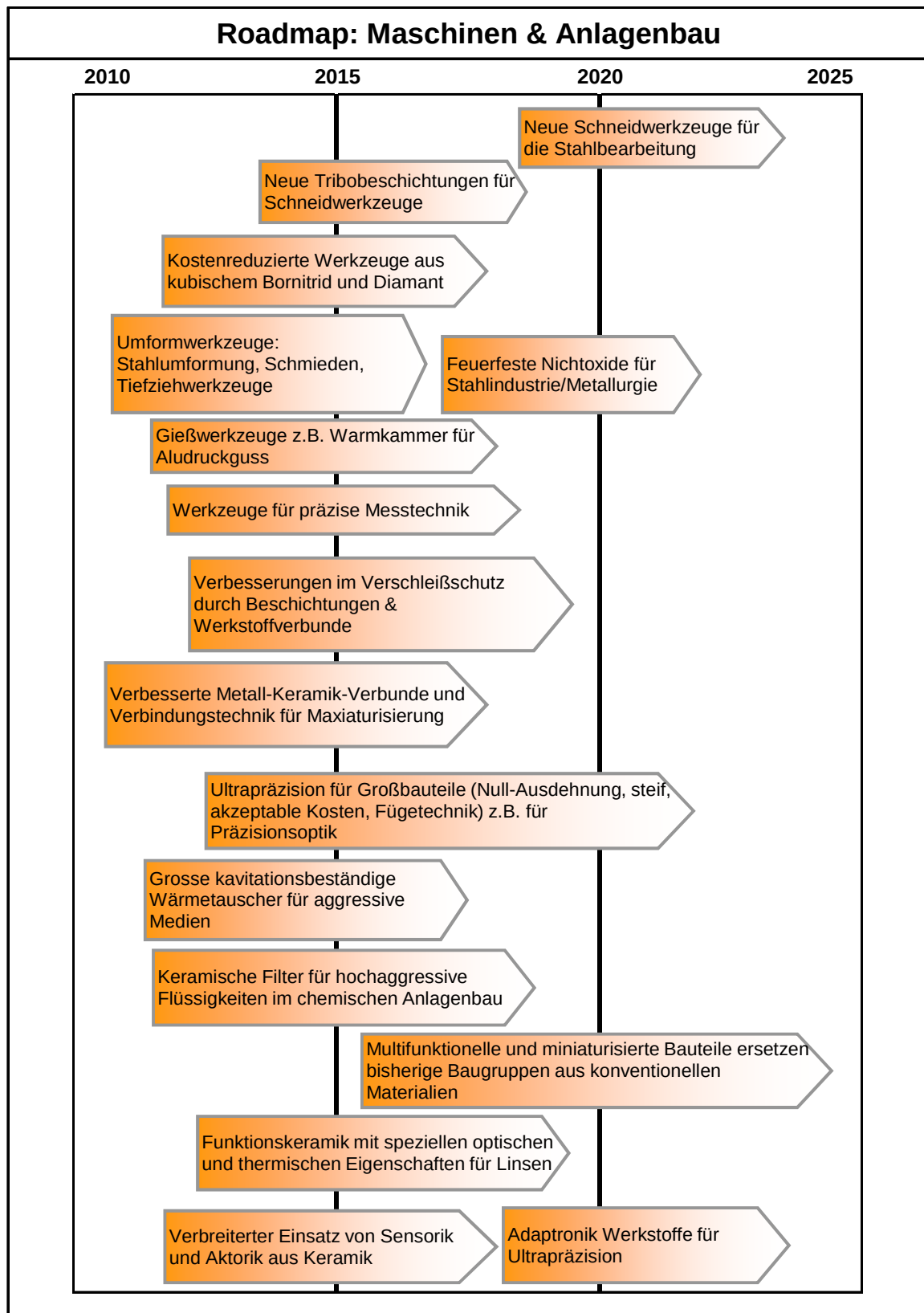
Exkurs: Chemische Prozesstechniken

Moderne chemische Anlagen müssen heute nicht nur unter wirtschaftlichen, sondern auch unter Umweltaspekten höchsten Ansprüchen genügen. In vielen Sparten der chemischen Industrie können Produkte erst mittels des Einsatzes keramischer Komponenten umweltschonender hergestellt werden. In rund 80 % aller großtechnischen Syntheseverfahren werden Katalysatoren verwendet. Sie sind jedoch vielfach äußerst teuer.

Um Kosten zu sparen, werden die entsprechenden Substanzen einerseits auf ein Trägermaterial aufgebracht. Diese Trägermittel sind häufig aus Keramik. Chemische Reaktionen und physikalische Stoff- und Wärmeaustauschprozesse mit gasförmigen und flüssigen Medien erfordern andererseits im Innern der Anlagen regelmäßig hohe spezifische und geometrische Reaktionsoberflächen. Keramische Füllkörper in den unterschiedlichsten Formen wie Kugeln, Sattel- oder Wabenkörper kommen in diesen Zusammenhängen zum Einsatz. Der Einsatz entsprechender keramischer Träger hilft, Energie, Emissionen und Abfallstoffe zu vermeiden bzw. zu reduzieren.

Quelle: Informationszentrum Technische Keramik, Anwendungen technischer Keramik, Maschinenbau/Anlagenbau, Selb, o.J.

Abb. 23: Keramik-Forschungsbedarfe im Feld Maschinen- und Anlagenbau



Quelle: Strategieinitiative Hochleistungskeramik 2025, 2008, S. 28.

4.3 Keramik und Nanotechnologie

Die Roadmap hat die immense Breite und Dynamik von Innovationen bzw. Innovationspfaden im Feld technischer Keramiken verdeutlicht. Oft sind es nicht einfach nur keramische Weiterentwicklungen, die angestrebt werden, sondern Lösungen mittels neuartiger Verbundmaterialien. Die gezielte technologische Nutzung nanostrukturierter Materie und Wirkprinzipien auf der Nanoskala findet deshalb seit Jahren auch in die keramische Industrie Eingang. Die Entwicklung sowie der technische Gebrauch sind indes oftmals derart komplex, dass „sogar „fachnahe“ Spezialisten Schwierigkeiten haben, Zusammenhänge zu erklären“ (vgl. BMBF 2011, S. 81).

Zur Verdeutlichung der Vielfalt und Komplexität des Einsatzes von Nanotechnologien in der Keramik sei an dieser Stelle deshalb etwas länger aus dem Nano.DE-Report 2011 zitiert. „Im Bereich der technischen Keramik liefert die Nanotechnologie Ansätze für verbesserte spezifische Funktionalitäten, z.B. in den Bereichen Supraleitung, Thermo-/Piezoelektrizität, Ionenleitfähigkeit, Transparenz, Wärmeresistenz, Biokompatibilität oder mechanischen Festigkeit. Erreicht wird dies durch die Verarbeitung nanokeramischer Ausgangsstoffe, nanoskalige Füllstoffe sowie nanostrukturierte Schichten.

Exkurs: Suspensionsspritzen

Suspensionsspritzen ist eine neue Technologie innerhalb der Verfahrensgruppe des thermischen Spritzens, deren Entwicklung Mitte der 1990er Jahre begann. Bei dieser Technik werden überwiegend Suspensionen (flüssige Zusatzwerkstoffe) in Atmosphärischem Plasmaspritz- sowie Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Verfahren an Stelle von Beschichtungspulvern eingesetzt. Mit dem Suspensionsspritzen können sowohl Schichten mit einer Dicke von 50-300 µm, wie sie für das thermische Spritzen typisch ist, als auch dünnere Schichten von 10 - 50 µm mit besonderen Eigenschaften hergestellt werden. Letztere Schichtstärken werden durch die Verwendung von Pulver nicht erreicht. Mit dem Suspensionsspritzverfahren kann folglich die existierende technologische Lücke zu klassischen Dünnschichtverfahren überwunden werden.

Die Suspensionsschichten zeigen eine andere, insbesondere defektärmere Mikrostruktur. Vor allem können sie kostengünstiger hergestellt werden. Über die gesamte Technologieketten können insbesondere spezielle Beschichtungspulver eingespart werden. Bei den bis jetzt überwiegend verwendeten Materialien dominieren keramische Werkstoffe.

Suspensionsgespritzte Schichten werden bereits erfolgreich für die Luft- und Wasserreinigung eingesetzt; sie besitzen antibakterielle Eigenschaften. Andere Anwendungsentwicklungen betreffen Elektronen-Emitter in der Elektrotechnik und Solarzellen vom Grätzel-Typ. Suspensionsgespritzte Schichten spielen zudem bei der Entwicklung von Hochtemperaturbrennstoffzellen (SOFC) sowie bei der Herstellung biokompatibler Schichten in der Medizintechnik eine Rolle.

Nach etwa 15 Jahren Entwicklung ist die breitere Einführung der Suspensionstechnologie in der industriellen Praxis zu erkennen.

Quelle: Toma u.a. 2010, Thermal Spray Bulletin, Nr. 1/2010, S. 24 - 29

Lange etabliert ist der Einsatz nanostrukturierter keramischer PVD-Mehrlagenschichten, die als Hitzeschutz für metallische Werkstoffe z.B. bei Turbinenschaufeln in Kraftwerken oder Triebwerken eingesetzt werden. Nanooptimierte Keramiken mit verbesserter Ionenleitfähigkeit sind der Schlüssel für Weiterentwicklungen bei Feststoffelektrolyt-Brennstoffzellen. In der Prozesstechnik betreffen neue Forschungsansätze beispielsweise die Anwendung nanoskaliger Suspensionen zum thermischen Spritzen keramischer Schichten (siehe Exkurs Suspensionsspritzen, d.V.) oder die Einarbeitung von Kohlenstoffnanoröhren in keramische Composite, um deren Festigkeit sowie die elektrische und thermische Leitfähigkeit zu erhöhen.

Die Herstellung transparenter Keramiken aus Nanopulvern durch Vakuum- bzw. strahlungsunterstützte Sinterprozesse ist ein weiteres Forschungsfeld. Bei einer Absenkung der Herstellungskosten bieten sich für transparente Keramiken ausreichende Anwendungspotenziale bei Beleuchtungskörpern sowie in der Optik und Sicherheitstechnik.

Nanostrukturierte Keramiken spielen weiterhin eine Rolle bei der Entwicklung neuartiger oder verbesserten Funktionen in der Elektronik, z.B. im Bereich bleifreier Piezokeramiken, hochtemperaturfähiger Elektrokeramiken, magnetisch und elektrisch steuerbarer Funktionswerkstoffe sowie für den Bereich der Datenspeicher. Im Elektronikbereich finden Hochleistungskeramiken vorwiegend in passiven elektronischen Bauelementen sowie als Komponenten für Drucker, Feinpositionierer, medizinische und optische Geräte, Einspritz- und Zerstäubersysteme sowie in Sensor- und Aktorsystemen Einsatz. Im Bereich der Strukturkeramiken liefert die Nanotechnologie Ansätze für eine Steigerung der mechanischen Stabilität, z.B. durch Nanoröhren sowie für die Realisierung von Konzepten der in-situ-Bauteilüberwachung durch integrierte Sensoren oder „selbstheilender“ Werkstoffe, z.B. bei Wärmedämmschichtsystemen für Kraftwerke“ (BMBF, nano.DE-Report 2011, S. 34).

Im Nanotechnologie-Report 2011 werden an diversen Stellen konkrete nanotechnische Entwicklungsmöglichkeiten in Zusammenhang mit keramischen Werkstoffen und Bauteilen aufgelistet. In der folgenden Abbildung sind Beispiele nach den Anwendungsfeldern Stahl, Keramik/Glas, Korrosionsschutz, Energiespeicher und Umwelttechnik zusammengeführt. Wiederum ist die Breite und Vielfalt der Anwendungs- und Forschungsfelder beeindruckend.

Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Deutschland sind in vielen Segmenten der Nanotechnologie führend oder unter den Top 3 (vgl. BMBF 2011, S. 12). In den meisten der dargestellten Anwendungsfelder handelt es sich um wachsende Märkte (zur Abschätzung der jeweiligen Marktpotenziale vgl. ebd., S. 24 ff.). Infolgedessen dürften die Zukunftsperspektiven der Betriebe positiv sein, wenn es ihnen weiterhin gelingt, Innovationen erfolgreich umzusetzen. In diesem Zusammenhang dürften insbesondere die Betriebe beste Voraussetzungen besitzen, denen es gelingt, auch das Wissen der Beschäftigten und die Gestaltungskompetenz der Betriebsräte zu aktivieren.

Insofern kann festgehalten werden, dass fast alle Industriezweige in Deutschland von nanotechnologisch optimierten Komponenten und Produkten profitieren können. Um die neuen Technologien verantwortungsvoll und sicher zu nutzen, bedarf es allerdings gleichzeitig einer begleitenden Forschung über die Risiken der Nanotechnologie.

Abb. 24: Ausgewählte Anwendungs- und Entwicklungsbeispiele der Nanotechnologie mit keramischen Werkstoffen/Bauteilen

Stahl	Nanostrukturierte PVD/CVD-Hartschichten auf Keramik- und Kohlenstoffbasis
Keramik/Gläser	Nanooptimierte Glaskeramiken mit nanokristallinen Einschlüssen zur Verbesserung der Temperaturbeständigkeit und Verringerung von Wärmeausdehnungskoeffizienten (u.a. Ceran, optische Spezialgläser)
	Nanostrukturierte keramische Festkörper und -schichtsysteme für unterschiedliche Anwendungen (Verschleiß-/Hitzeschutz, nanoporöse Substrate etc.)
	"kalt härtende" Keramik durch nanooptimierte mineralische Bindemittelrezepturen für säureresistente, porenfreie Betone (Ersatz von Zement)
	CNT/Keramik-Komposite mit verbesserter Leitfähigkeit (Strom, Wärme) durch intermolekulare elektrische Verschweißung eines CNT-Netzwerkes im Komposit
	Transparente Keramiken durch Vakuum- und Strahlungsunterstützte Sinterprozesse von Nanopulvern für optische Keramiken und Beleuchtungskörper
Korrosionsschutz	Metalloberflächenbehandlung und Korrosionsschutz mit nanokeramischen Beschichtungen (ca. 20-50 nm) für Stahl, Gusseisen, Aluminium und Magnesium (Vorteil: weniger Prozessschritte, Energieeinsparung) nanokeramische Korrosionsschutzschichten)
Energiespeicher	Optimierte Lithiumionenbatterien für Automotilantriebe und stationäre Großspeicher durch Nanostrukturierung und Einsatz von Nanokompositen für Elektrodenmaterial (Anode: u.a. Kohlenstoff, Kohlenstoff/Silizium; Kathode: u.a. Lithiumeisenphosphat, Lithiumkobaltphosphat) und Separator-Elektrolytsystemen (keramische Folien, Polymermembranen, ionische Additive), Entwicklung neuer Batterietypen (Lithium-Luft, Lithium-Schwefel)
Umwelttechnik	Nanoporöse keramische Filtrationselemente zur Aufbereitung von Industrieabwässern (Vorteil: hohe chemische und thermische Stabilität)
	Nanoskalierte Bioverbundwerkstoffe zum Abbau organischer Schadstoffe, z.B. durch immobilisierte Mikroorganismen in porösen Keramikstrukturen
	Keramische Nanofiltrationsmembranen zur Aufreinigung von Lösemitteln (Vorteil: Energieeinsparungen durch Ersatz destillativer Aufreinigung) und Industrieabwässer



Anwendungen im Markt



Forschungen und Entwicklungen

Quelle: BMBF 2011, div. Seiten. Die orange hervorgehobenen Felder bedeuten, dass es sich um Forschungen und Entwicklungen handelt. Die blasseren Felder kennzeichnen Anwendungen im Markt.

4.4 Medizinische Anwendungen

Im medizin- und biotechnischen Sektor erlangen keramische Werkstoffe ebenfalls wachsende Bedeutung. Gerade dieses Material genügt hier hohen multifunktionalen Ansprüchen. Auf den jeweiligen Einsatzzweck ausgerichtet sind die vorrangig geforderten

Eigenschaften Porosität, hohe Festigkeit, Biokompatibilität, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Häufig ersetzen keramische Werkstoffe Metall- oder Kunststoffteile wie z.B. Hüft- und Kniegelenksprothesen oder auch Knochenschrauben.

In diesem Zusammenhang wurde in Bremen kürzlich eine knochenähnliche Biokeramik zur Behandlung von Kreuzbandrissen entwickelt. „Die neue Schraube entspricht in ihrer chemischen Zusammensetzung nahezu vollständig dem anorganischen Hauptbestandteil des Knochens, dem Calciumphosphat und wird durch ein innovatives Pulverspritzgießverfahren hergestellt“ (Informationsdienst Wissenschaft 2011). Das Marktpotenzial wird auf rund 400 Millionen EUR jährlich geschätzt.

Der Einsatz keramischer Werkstoffe in der Medizin lässt sich laut Boccaccini (Universität Erlangen-Nürnberg) in drei Phasen unterteilen (Kerbe 2012, S. 97).

- In den 1960er bis 1970er Jahren überwog der Ersatz des geschädigten Gewebes.
- In den 1980er Jahren folgte das Reparieren von Gewebe mittels Keramik.
- Seit 2000 ist das Regenerieren von Gewebe (+ Biologie) in den Fokus gerückt.

Diese Phasen gingen von Seiten der Werkstoffe mit bioniert (nicht resorbierbar) über bioaktiv (bioresorbierbar) zu genetisch aktivierbar (regenerative Medizin) einher. Die Entwicklungen waren mit einer stetigen Erhöhung der Komplexität der Werkstoffe verbunden. Im Zentrum der Forschungen standen dabei die Verringerung von Versagensmechanismen durch langsame Rissausbreitung, der verzögerte Bruch oder die aseptische Lockerung, die in der Hüft-/Knie-Gelenks-Prothetik zu partikelverstärkten Komposit-Werkstoffen führten (Ebd.).

In dem Sondergutachten „Vorsorgestrategien für Nanomaterialien“ sieht der Sachverständigenrat für Umweltfragen aktuell folgende Entwicklungslinien in der Medizintechnik.

„Keramische Beschichtungen auf resorbierbaren, das heißt im Laufe des Heilungsprozesses durch den Körper auflösbaren Folien, die nanotechnologisch hergestellt werden, dienen in der Medizin zur Abdeckung von Knochendefekten und Erzeugung einer physikalischen Barriere zum Weichgewebe. Die keramische Beschichtung unterstützt die Knochenregeneration. Hüft- und Kniegelenks-Endoprothesen aus nanotechnologischen Hochleistungskeramiken fördern durch die Oberflächengestaltung die Ankopplung von (Knochen-)Zellen und erhöhen die Langzeitstabilität“ (SRU 2011, S. 95).

Einen neuen Einsatzbereich bieten regenerative Biomaterialien, die als Platzhalter Leitstrukturen vorgeben – nanoskalige, resorbierbare Calciumkristalle liegen neben nanoskaligen, schlecht resorbierbaren Kristallen und geben dadurch den einwachsenden Knochenstammzellen den Heilungsprozess vor – und im Rahmen der Umbauprozesse (Remodelling) durch nachwachsendes Gewebe ersetzt werden. Ohne diese Biomaterialien würden sich Narbenstrukturen ausbilden, die die Wiedererlangung der Funktionalität, zum Beispiel bei Knochendefekten, verhindern“ (SRU 2011, S. 95 f.). Trotz der Vorzüge der neuen Werkstoffe empfiehlt der Sachverständigenrat einen vorsorgenden Umgang mit den zum Einsatz gebrachten Nanomaterialien.

4.5 Energie- und Ressourceneffizienz

Energie und Rohstoffe effizienter zu nutzen ist ein wichtiger Beitrag zur Sicherung des Industriestandortes Deutschland; die Verbesserung der Ressourceneffizienz ist ein wichtiges Element vieler politischer Zielsetzungen. Z.B. soll im Rahmen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie die Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1994 verdoppelt werden.

Wie oben bereits beschrieben ist die keramische Industrie angesichts des hohen Energie- und Materialverbrauchs einerseits gefordert, selbst ihre Prozesse und Produkte speziell unter energetischen Gesichtspunkten zu optimieren. Andererseits stellt sie indes auch Lösungen für diese Herausforderungen in anderen Industriezweigen bereit, wie insbesondere die Abschnitte über die keramische Strategieinitiative sowie die Verbindung von Nanotechnologien mit keramischen Werkstoffen illustrierten.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt vielfältige Forschungen in diesem Themenfeld. Im Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“. In der Förderlinie „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“ wurden über 100 Projekte gefördert. Dabei fanden auch zwei Vorhaben der keramischen Industrie Unterstützung (BMBF/ISI Oktober 2010, S. 32 f.). Darüber hinaus fördert die Deutsche Forschungsgesellschaft Entwicklungen im keramischen Bereich. Diese Vorhaben sowie weitere Ansätze werden in den folgenden Abschnitten kurz skizziert.

4.5.1 Innovative Technologien für Ressourceneffizienz

Im Rahmen der Fördermaßnahme für rohstoffintensive Produktionsprozesse wurden vom BMBF die beiden Vorhaben

- Dry Control – Entwicklung einer ressourceneffizienten Trocknungstechnologie für keramische Produkte sowie
- Niedrig-Temperatur-Sinterung von Geschirr und technischem Porzellan auf ultra-leichten, hochporösen Brennplatten in mit Holzgas beheizten Schnellbrandöfen

unterstützt.

Im ersten Projekt sollte die Qualität von Produkten aus der Steine- und Erdenindustrie durch gezielte Trocknung mittels Mikrowellentechnik und prozessintegrierter Prüfung gesteigert werden. Durch die Neuentwicklungen sollte eine Ressourcenersparnis beim Verbundpartnerunternehmens Villeroy & Boch in Höhe von 1.550 Tonnen keramischen Rohstoffen, 15.000 MWh Energie und 2.200 Tonnen Kohlendioxidemissionen erzielt werden (BMBF/ISI Oktober 2010, S. 32).

Ziel des zweiten Vorhabens war es, sämtliche Trocknungs- und Sintervorgänge bei niedrigeren Endtemperaturen durchzuführen. Die Sintertemperatur sollte um 60 Grad Celsius auf 1.220 Grad Celsius abgesenkt werden. Diese Reduktion hätte nicht nur eine unmittelbare Ersparnis von Erdgas zur Folge. Fossiles Erdgas könnte darüber hinaus durch regeneratives Holzgas als Brennstoff ersetzt werden. Ein Erfolg dieses Projektes

wäre folglich mit einem energietechnischen Quantensprung in der keramischen Industrie verbunden (BMBF/ISI Oktober 2010, S. 33).

Im Jahre 2008 hatte der Senat der Deutschen Forschungsgemeinschaft die Errichtung des Schwerpunktprogramms 1418 „Feuerfest – Initiative zur Reduzierung von Emissionen“ für 2 Förderzeiträume (insgesamt 6 Jahre) beschlossen. Die erste Förderperiode von FIRE ging von 2009 bis 2012; die anschließende zweite Phase ist auf die Jahre 2012 bis 2015 terminiert. Die DFG unterstützt das Programm mit rund 1,8 Mio. EUR jährlich.

Ziel des Schwerpunktprogramms ist es, Grundlagen für eine völlig neue Generation feuerfester Werkstoffe zu schaffen (vgl. Brachhold u.a. 2012, S. 109). Kohlenstoffhaltige Feuerfesterzeugnisse sind derzeit noch ein wesentlicher Bestandteil der Stahlerzeugung, da sie über eine ausgezeichnete Thermoschockbeständigkeit verfügen. Die neuen kohlenstoffarmen bzw. -freien Materialien sollen an die Stelle der bisher üblichen kohlenstoffhaltigen Werkstoffe treten. Insgesamt werden 17 Projekte sowie die Erstellung einer Roadmap für die Feuerfest-Industrie bearbeitet (vgl. Homepage von FIRE unter: <http://tu-freiberg.de/ze/fire/index.html>). In der ersten Förderphase beteiligten sich Wissenschaftler von zwölf Einrichtungen an FIRE.

Zur Erreichung des Ziels der Teil- oder Vollsubstitution von Kohlenstoff in Feuerfestprodukten sind grundlegende werkstoff- und verfahrenstechnische Konzepte in der Mikrostruktur- (Werkstoffdesign) und Makrostrukturentwicklung (Werkstoffverbund) zu erarbeiten, weil der Verzicht auf Kohlenstoff die Thermoschockbeständigkeit der Güter verringert. Das Forschungsprogramm zielt deshalb auf Projekte, die auf allen Entwicklungsebenen von Feuerfesterzeugnissen – d.h. Gefüge, Bauteil, System und Anwendung – angesiedelt sind.

Im Rahmen der ersten Förderperiode konnten insbesondere zwei Materialien als potentielle Substitutionsstoffe herauskristallisiert werden. „Zum einen folgt die Reduktion des Kohlenstoffs durch Zugabe nanoskaliger Additive, die eine verbesserte Ankopplung zwischen Bindematrix und oxidischen Bestandteilen ermöglicht“ (Brachhold u.a. 2012, S. 109). Zum anderen konnte über die Dotierung von Al_2O_3 -Keramiken eine kohlenstofffreie Materialgruppe beschrieben werden, die sehr gute Temperaturwechselbeständigkeit hat und somit über gute Thermoschockeigenschaften verfügt (ebd., S. 114). Mittels des Aufbaus eines Stahlgusssimulators konnten die notwendigen Prüfungen im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1418 deutlich verbessert werden. Es bleibt zu beobachten, ob die Grundlagenforschungen den Sprung in die industrielle Fertigung schaffen.

4.5.2 Senkung des Energieverbrauchs durch Halbzeuge aus PT-Keramiken

Gewichtsoptimierte Leichtbau-Konstruktionen basieren heutzutage überwiegend auf Metall- und Polymer-Werkstoffen. Wird neben der Gewichtsverringerung zusätzlich eine hohe Temperaturbeständigkeit gewünscht, weisen diese Materialien allerdings deutliche Grenzen auf. Bei hohen Umgebungs- oder Betriebstemperaturen kommen deshalb bereits partiell Leichtbau-Lösungen aus technischen Keramiken zur Anwendung (sog. keramische Faserverbund-Gewebe).

Deren Einsatz könnte sich zukünftig angesichts der Weiterentwicklung papiertechnologisch hergestellter Keramiken (im Folgenden als PT-Keramiken bezeichnet) erheblich ausweiten (vgl. Kollenberg/Nikolay 2012 sowie Nikolay o.J.).

Bei der Herstellung von Papier ist es üblich, der wässrigen Lösung auch Füllstoffe wie Kaolin oder Titanoxid zuzusetzen. Mittels eines neuen Herstellungsverfahrens, das auf den traditionellen Prozessen der industriellen Papiererzeugung basiert, ergeben sich nun für die Serienfertigung von hochtemperaturbeständigen Leichtbau-Teilen neue Möglichkeiten. Der neuartige Fertigungsprozess gestattet es, die präkeramischen Papiere anstelle des bisherigen Füllstoffanteils von maximal 40 Gewichtsprozent auf bis zu 85 Gewichtsprozent anzureichern. Die Ausdehnung des Füllstoffanteils bei gleichzeitiger Erhaltung der Werkstoffeigenschaften ermöglicht einerseits deutliche Gewichtsersparnisse; andererseits sind deutliche Energieeffizienzvorteile zu verzeichnen.

Die Palette der angedachten Anwendungen reicht dabei von Baukeramiken bis hin zu Feuerfestkeramiken (vgl. Kollenberg/Nikolay 2012, S. 121). Aktuelle Entwicklungen von PT-Keramiken konzentrieren sich insbesondere auf Abdeckungen aus Cordierit, auf Sinterunterlagen für pulvermetallurgische Anwendungen sowie auf zweilagige Brennhilfsmittel (Ebd. 123).

Aus Gründen der Energieeffizienz ist insbesondere der Einsatz von PT-Keramiken als Brennhilfsmittel interessant. Wegen der hohen Belastbarkeit kommen bislang beim Sintern keramischer oder metallischer Bauteile vorwiegend Platten oder Stützen aus Massiv-Keramiken zum Einsatz. Werden beim Brennen stattdessen Brennhilfsmittel aus PT-Wellkeramik verwendet, verringert sich deren Masse nicht nur um mehr als die Hälfte. Die Folge ist zudem eine Senkung des Energieverbrauchs um mindestens 40 Prozent (vgl. Kollenberg/Nikolay 2012, S. 123). Bei breitem industriellen Einsatz könnte der „importierte“ neue Produktionsprozess wesentlich dazu beitragen, Ressourcen zu schonen und eine effiziente, kostenoptimierte Energienutzung in vielen Segmenten der keramischen Industrie zu gewährleisten.

4.5.3 Strom aus keramischer Prozesswärme

Ein weiteres Beispiel für Versuche in der keramischen Industrie, die Energieeffizienz zu verbessern, ist die In-Betriebnahme einer sog. ORC-Anlage (Organic Rankine Cycle). Mittels dieser Zusatzapparatur wird aus der Abluft des Keramik-Brennofens seit 2011 bei der Villeroy & Boch AG in Mettlach derzeit 30 KW_{el} Strom gewonnen. Geplant ist, später auch teilweise die Wärme zu nutzen.

Die für den Umwandlungsprozess nötige Abwärme entsteht in einem sogenannten Tunnelofen, in dem die keramischen Werkstücke bei einer Temperatur von 1.200° C gebrannt werden. Mit dem ORC-Verfahren wird die Abluft aus der Kühlzone des Brennofens in die Energiegewinnungsanlage geleitet. Im Direktverdampfer der Anlage wird mit Hilfe dieser Abwärme ein organisches Kühlmittel verdampft und ein Druck von 17 Bar erzeugt. Dieser Dampf treibt den über eine Turbine gekoppelten Hochfrequenzgenerator an, durch den der Strom erzeugt wird. Diese Elektrizität kann ins Netz eingespeist, bzw. selbst genutzt werden. Nachdem die Genehmigungsverfahren für das neue Verfahren

erfolgt sind, steht jetzt die Umsetzung der zweiten Stufe an, nämlich die Nutzung der gewonnenen Energie per Wärme. Das neue OCR-Verfahren der Villeroy & Boch AG könnte somit beispielgebend für andere Wirtschaftszweige werden; und zwar nicht nur aus umweltpolitischen, sondern auch aus Kostengründen.

4.6 Zusammenfassende Beurteilung

Stetig wachsende Anforderungen hinsichtlich größerer Leistungsfähigkeit, niedrigen Kosten sowie Robustheit und Lebensdauer bilden die Basis für Produkt- und Prozessneuerungen in der keramischen Industrie. Forschung und Entwicklungen werden gegenwärtig intensiv zu allen Werkstoffen betrieben, so dass fortwährend eingeführte Werkstoffe optimiert, neuartige Materialien generiert und neue Anwendungen erschlossen werden. Trotz ihrer jahrhundertelangen Tradition sind die technischen Entwicklungen in der Keramik keineswegs abgeschlossen. Im Gegenteil: Angesichts der in den vorherigen Abschnitten dargestellten vielfältigen Herausforderungen und forschungspolitischen Aktivitäten drängt sich der Eindruck auf, dass sich die Innovationsdichte sowohl bei den Produkten als auch bei den Verfahrenstechnologien in den letzten Jahren wenn nicht erhöht, so doch vertieft hat.

Diese Innovationsdynamik sowie die Notwendigkeit, den Verbrauch fossiler Ressourcen zu verlangsamen und dabei die Erderwärmung zu begrenzen, stellen erhebliche Anforderungen an Unternehmen und ihre Beschäftigten.

Folglich wird Innovation zunehmend komplexer. „Systemspezialisten spezifizieren Anforderungsprofile, Werkstoffentwickler optimieren die Eigenschaften, Experten für die Charakterisierung entwickeln angepasste Prüfverfahren, Modellierer angepasste Simulationstools, Fertigungsspezialisten sichern eine stabile Serienproduktion ab“ (Strategieinitiative 2008, S. 8) Angesichts dieser anspruchsvollen Herausforderungen sind zahlreiche Kooperationsbeziehungen und -netze zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen entstanden. Am Standort Deutschland gibt es oftmals enge Verbindungen zwischen Forschung, Entwicklung, Design und Fertigung zur Vorbereitung neuer keramischer (Zwischen-)Produkte. Staatlicherseits wird dieses durch Forschungs- und Entwicklungsförderung gestärkt. Die Ergebnisse kommen dabei nicht nur der technischen Keramik sondern häufig dem gesamten Wirtschaftszweig durch spin-offs und spill-overs zu Gute. Darüber hinaus profitieren andere Wirtschaftsbranchen indirekt von den innovativen Beiträgen. Wegen der zahlreichen Kooperationsbeziehungen zu Forschungseinrichtungen besteht indes die Gefahr, dass die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des keramischen Wirtschaftszweiges unterschätzt werden.

Durch Beteiligung der Beschäftigten und deren Interessenvertretungen dürften sich viele der genannten Herausforderungen und Innovationserfordernisse besser bearbeiten und umsetzen lassen.

5 Innovationsprozesse aus der Perspektive von Betriebsräten

Viele Innovationstheorien gehen davon aus, dass eine (breite) Beteiligung der Beschäftigten Innovationsprozesse positiv beeinflusst. Vor diesem Hintergrund betonen neuere Führungskonzepte, dass die Partizipation von Mitarbeitern große Bedeutung hat, Qualitäts- und Innovationsziele zu erreichen. Mittels aktiver und eigenständiger Mitwirkung der Beschäftigten wird angestrebt, eine exzellente Qualität der Produkte und der Dienstleistungen sicher zu stellen sowie den Blick für Neuerungen zu schärfen (z.B. im Rahmen von Total Quality Management-Ansätzen; vgl. u.a. Nerdinger/Wilke 2009).

Neben Management-orientierten Innovationsansätzen wurde in den letzten Jahren insbesondere auf Initiative der Hans-Böckler-Stiftung das Verhältnis von Mitbestimmung und Innovation bzw. Partizipation der Interessenvertretungen in innovativen Prozessen intensiver untersucht. Strategisches Ziel war es, „etwas Licht in ein vergleichsweise wenig erforschtes, aber durch viele Vorurteile geprägtes Verhältnis zu bringen“ (Schwarz-Kocher u.a. 2011, S. 9).

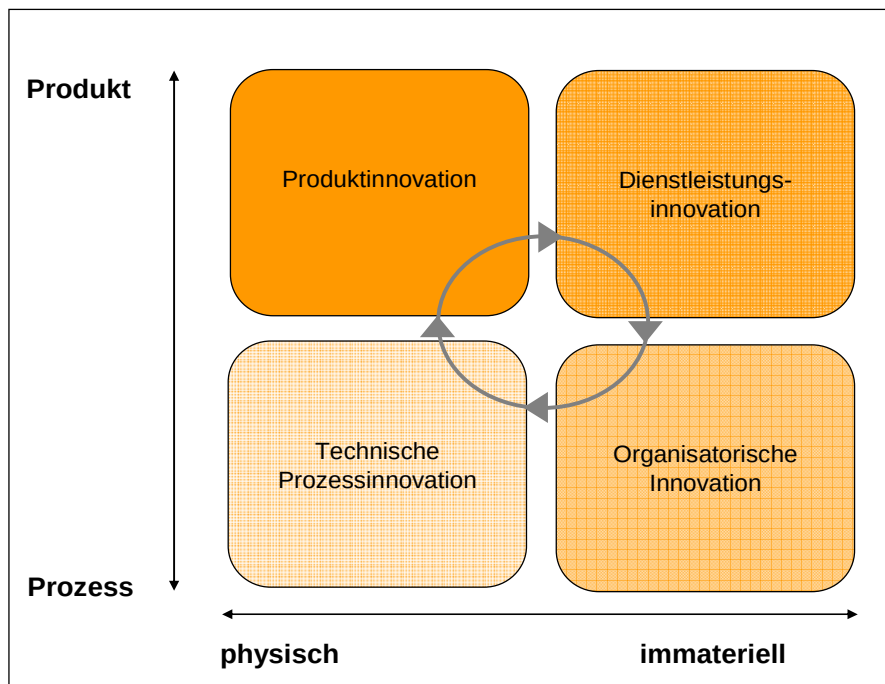
5.1 Interessenvertretungen im Innovationsprozess

Im Zentrum der von der Hans-Böckler-Stiftung in Auftrag gegebenen Analysen standen vor allem direkte und indirekte Innovationsbeiträge von Mitbestimmungsträgern und das Rollenverhalten von Betriebsräten bei Veränderungsprozessen (vgl. die Studien-Übersicht in: Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 65). Demgegenüber traten die Impulse der Beschäftigten bzw. ausgewählter Beschäftigtengruppen analytisch in den Hintergrund. Die Untersuchungsergebnisse verfeinern die Einsichten über die Beteiligung der Interessenvertretungen im Rahmen von Innovationsprozessen (vgl. insbesondere Schwarz-Kocher u.a. 2011, Wolfgang Scholl 2011, Kriegesmann u.a. 2012 und Ziegler u.a. 2010).

Innovationen werden im HBS-Kontext - wie im sog. OSLO-Manual zum Sammeln und Interpretieren von Innovationsdaten (OECD 2005) - umfassend und breit verstanden, d.h. sie beziehen sich auf Produkte, Dienstleistungen, technische Prozesse, Organisationsstrukturen sowie auf Ausbildung und Qualifikation. Dabei sind Neuerungen und Veränderungen in Unternehmen in die nationalen, sektoralen und regionalen Innovationssysteme eingebettet (Hall/Soskice 2001). Zudem beeinflussen sich die einzelnen Felder der Innovationsaktivitäten (vgl. Abb. 26).

Ein zentrales Kriterium arbeitsorientierter Innovationsforschung ist der Einbezug von „guter Arbeit“. Auch innovative Modelle leistungspolitischer und arbeitsorganisatorischer Rationalisierung können mit Verletzungen der Beschäftigteninteressen wie der Entgrenzung von Leistungsanforderungen sowie Arbeitszeiten einhergehen. Folglich kann innovative Arbeit unter Umständen schlechte Arbeit sein.

Abb. 25: Zusammenhänge zwischen Innovationsfeldern



Quelle: Kinkel u.a. 2004

Gute Arbeit ist der ganzheitliche gewerkschaftliche Gestaltungsanspruch, den Wandel der Arbeitswelt im Interesse der Beschäftigten zu begleiten. Dabei wird nicht nur eine Humanisierung der Erwerbsarbeit angestrebt, sondern auch eine Verbesserung der Lebensbedingungen und der Leistungsfähigkeit des Einzelnen insgesamt (IGBCE o.J.).

Mitbestimmung und Innovation ist folglich ein vielschichtiger und komplexer Zusammenhang; die Rolle der Mitbestimmungsakteure kann nur vor diesen institutionellen Rahmenbedingungen reflektiert werden. Es gibt zudem eine Reihe fördernder sowie hemmender Faktoren, damit ein Betriebsrat sich überhaupt des Themas Innovation annimmt (vgl. Tab. 9). Gestaltende Innovationspolitik des Betriebsrates ist immer auch aktive Interessenpolitik.

Theoretisch sind sowohl positive als auch negative Faktoren für den Zusammenhang Mitbestimmungsakteure und Innovationsgeschehen zu finden. Vielfach werden Betriebsräte in diesem Feld ebenfalls als „Bremser“ charakterisiert.

Nach Jirjahn kann indes schon dann eine positive Beziehung zwischen Mitbestimmung und Innovation unterstellt werden, wenn Betriebs- und Aufsichtsrat die Bereitschaft der Beschäftigten erhöhen, Innovationen positiv zu sehen und umzusetzen. Mitbestimmung kann in diesem Kontext insbesondere den Informationsfluss kanalisieren und verbessern (Jirjahn 2010, S. 20). „Zudem können Entscheidungen, wenn sie im Aufsichtsrat gemeinsam gefällt werden und der Betriebsrat wie die Belegschaft einbezogen werden, als fair empfunden und damit eher akzeptiert werden“ (Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 19).

Vor diesem Hintergrund konnte ein engerer Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines Betriebsrates und der Einführung von Nachfolgeprodukten sowie funktional verbesserten Gütern festgestellt werden. Die Mitbestimmungsseite scheint zudem positiv auf die Einführung umweltfreundlicher Verfahren zu wirken. Negative Einflüsse können sich laut Jirjahn dann ergeben, wenn sich Beschäftigte mittels Mitbestimmung Finanzmittel aneignen, die betrieblich für wichtige Zukunftsinvestitionen benötigt werden (Jirjahn 2010, S. 20).

Folglich ist die Beantwortung der Frage, in welcher Weise Mitbestimmung auf die Realisierung von Innovationen wirkt, eine empirische Herausforderung. Angesichts vielfältiger Schwierigkeiten, betrieblich innovative Entwicklungen zu erkennen und abzugrenzen, dürften sich aber keine eindeutigen Ergebnisse einstellen. Als Zwischenfazit bisheriger Untersuchungen kann gleichwohl zumindest festgehalten werden, dass Mitbestimmung Innovationen nicht behindert (Gerlach/Ziegler 2010, S. 66 f.).

Im Rahmen einer repräsentativen Befragung von Betriebsräten wurde folgendes Bild über das Innovationsgeschehen in den Betrieben in den Jahren 2006 bis 2008 ermittelt (Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 21).

- Rund ein Drittel der Betriebe (32,4 Prozent) haben in diesem Zeitraum komplett neue Produkte und Dienstleistungen generiert.
- 35,5 Prozent der Stichprobe haben zwar keine komplett neuen Angebote entwickelt, aber produktnahe Dienstleistungen eingeführt.
- Jeder vierte Betrieb (24,6 Prozent) hat das bestehende Portfolio an Produkt und Dienstleistungen im inkrementellen Sinne weiterentwickelt.
- Lediglich 7,4 Prozent der befragten Betriebsräte gaben an, dass ihr Betrieb nicht innovativ in der betrachteten Periode war.

Etwa 70 Prozent der Betriebsräte sind grundsätzlich in Innovationsprozesse eingebunden; im Allgemeinen passen somit Mitbestimmung und Innovation gut zusammen.

Die Mitbestimmungsträger beteiligten sich allerdings in höchst unterschiedlicher Weise an den vom Management initiierten Neuerungen; die Intensität der Partizipation unterschied sich deutlich (ebd., S. 21 ff.). Die Mitbestimmungsakteure engagieren sich schwerpunktmäßig in den klassischen Feldern der Betriebsrattätigkeit.

Vor allem bei Innovationen in der Arbeitsorganisation sowie der Personal- und Sozialpolitik werden Betriebsräte in über 90 Prozent der Fälle in die Neugestaltung einbezogen. Hinsichtlich neuer Produkte oder Dienstleistungen liegt die Beteiligung nur noch bei etwas unter der Hälfte; bei der Erschließung neuer Märkte nur noch bei etwa einem Fünftel (ebd. sowie Schwarz-Kocher u.a. 2011, S. 67 ff.). Kurzum: Je näher die Innovationen am „Marktgeschehen“ angesiedelt sind und weniger an betrieblichen Prozessen, desto geringer ist die Einwirkung der Mitbestimmungsträger. Eine wichtige Rahmenbedingung bei leistungsorientierten sowie arbeitsorganisatorischen Modellen bleibt die Rollenklärung der Mitbestimmungsseite.

Tab. 9: Fördernde und hemmende Faktoren für ein verstärktes Innovationsengagement von Betriebsräten

Fördernde Faktoren		Hemmende Faktoren
Breite Vernetzung im Betrieb, auch bei Innovationsarbeitern	Fähigkeiten der Betriebsräte (BR)	Fokussierung der BR-Mitglieder auf bestimmte Mitarbeitergruppen
Umfassende Information über Unternehmensentwicklung sowie geplante Innovationen und Investitionen		Mangelndes Wissen um innovationsfördernde Rahmenbedingungen
Positive Einstellung zu Innovationen als Voraussetzung für nachhaltige Unternehmensentwicklung	Motivation der Betriebsräte	Kündigungsschutz als dominanter Grund für individuelles Betriebsratsengagement
Bereitschaft auch "ungewöhnliche Rollen" bei Innovationen zu übernehmen		Negatives Feedback bei früheren Innovationsprojekten
Wirksamkeitserfahrungen bei früheren Innovationsprojekten		
Verlässlichkeit bei Absprachen	Rahmenbedingungen für Arbeit der Betriebsräte	Ressourcenknappheit der Betriebsräte (zwingt zu Prioritätensetzung auf das Tagesgeschäft)
Professionalisierung der BR-Arbeit durch z.B. feste Aufgabenzuweisung, Projektmanagement		
Langfristige, mitbestimmungsorientierte Führungs- und Eigentümerstrukturen		

Quelle: Kriegesmann/Kley 2012, S. 117.

Laut Kriegesmann und Kley liegen die größten Hemmnisse für ein aktives Engagement der Mitbestimmungsakteure dabei nicht zwangsläufig beim Management. Unternehmensleitungen wünschten sich oftmals mehr Engagement der Betriebsräte; vor allem im Personalwesen und der Arbeitsorganisation (Kriegesmann/Kley, S. 115).

Um effizienter bei Innovationen agieren zu können, machen die beiden Forscher den Betriebsräten deshalb folgende strategische Vorschläge:

- Bei komplexen Fragen ist eine breite Vernetzung in alle Unternehmensbereiche förderlich. Für die Betriebsratsarbeit wird folglich die aktive Einbindung von Fachleuten und Experten zunehmend wichtiger.
- Da Innovationsprozesse in der Regel schnell ablaufen, sollte sich die Mitbestimmungsseite möglichst innerhalb weniger Tage im gesamten Gremium abstimmen können.
- In Verhandlungen lassen sich strategisch oftmals verschiedene Themen miteinander verknüpfen. Wünsche nach Innovation sollten mit Feldern verbunden werden, bei denen nicht an den Betriebsrat vorbei entschieden werden kann (Kriegesmann/Kley, S. 113 ff.).

Eine weitere wichtige Erkenntnis der Analysen war zudem, dass Mitbestimmung bei Innovationsprozessen Schwankungen unterworfen ist. Handlungen des Betriebsrats müssen somit mit ganz bestimmten Innovationsprojekten und deren Erfolg in Verbindung gebracht werden (Wolfgang Scholl 2011, S. 48). Insofern stoßen viele traditionelle Analysemethoden an Grenzen. Infolgedessen wurden die quantitativen und qualitativen Untersuchungsmethoden weiter entwickelt (vgl. Schwarz-Kocher u.a. 2011, Wolfgang Scholl 2011 und Kriegesmann u.a. 2010).

Vor allem die Typisierung der Interessenvertretungen in Machtvoller Mitgestalter, Ambitionierter Mitgestalter, Umfassend informierter Betriebsrat, Defizitär informierte Interessenvertretung sowie Nicht informierter Betriebsrat (vgl. Kriegesmann u.a. 2010; Hans-Böckler-Stiftung 2012) könnten Ansatzpunkte liefern, diese Kategorien auf andere Branchen zu übertragen. Wird das obige Argument ernst genommen, dass Fall bezogen – also in Bezug auf eine bestimmte Branche - analysiert werden muss, setzt eine derartige Unterteilung indes bereits Kriterien voraus, die Handlungen des Betriebsrates zu unterscheiden und einzuordnen. Derartige Erkenntnisse sind aber oft erst im Zusammenhang mit der Analyse ausgewählter Daten zu definieren. Im Rahmen dieses knapp bemessenen Projektes war es nicht möglich, diesen zweigliedrigen Prozess durchzuführen. Es wurde sich methodisch auf die schriftliche Befragung von Mitbestimmungsträgern konzentriert. Die Ergebnisse wurden durch gezielte Einzel-Interviews abgerundet.⁵

In diesem Kontext bestätigte sich die bereits oben dargestellte Erkenntnis, dass Handlungen des Betriebsrats und deren Erfolge mit konkreten Innovationsvorhaben sowie betrieblichen Situationen in Beziehung gesetzt werden müssen. Erfolge oder Nichterfolge der Innovationsbeiträge der Mitbestimmungsträger hängen wesentlich von der betrieblichen Historie sowie zeitlich bedingten Machtkonstellationen ab. Insofern können die nachfolgenden Ergebnisse zur Innovationskultur in der keramischen Industrie nur die Grundlage sein, darauf aufbauende Recherchen in den Unternehmen durchzuführen.

5.2 Betriebsräte-Befragung in der keramischen Industrie 2012

Im Frühjahr 2012 wurden knapp 40 Betriebsräte der keramischen Industrie aus dem gesamten Bundesgebiet schriftlich befragt, wo die Mitbestimmungsseite beim Thema Innovation steht. Auskünfte sollten zur aktuellen Situation und Strategie der Unternehmen sowie zu Mitarbeiter orientierten Innovationssystemen gegeben werden. Ziel war insbesondere, Anhaltspunkte für die Rolle der Mitarbeitervertretungen bei Produktverbesserungen, Prozess- und Verfahrensoptimierungen sowie Arbeitsabläufen zu ermitteln. Zudem standen Einschätzungen zu Themen im Vordergrund, die aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung für die jeweiligen Unternehmen bzw. Betriebe sein werden. Um möglichst viele Betriebsräte zur Antwort zu motivieren, wurde sich auf ein vier-seitiges Frageraster konzentriert.

⁵ Angesichts der Breite und unterschiedlichen Situation der Unternehmen in den jeweiligen Segmenten der keramischen Industrie können diese Erkenntnisse allerdings nur bedingt verallgemeinert werden.

Vier z.T. mehrstündige Interviews mit Interessenvertretungen, die zwischen März und Mai 2012 durchgeführt wurden, ergänzten die gewonnenen Erkenntnisse. Bei einigen dieser Gespräche waren zeitweise Leitungskräfte anwesend und gaben zusätzliche Informationen und Hinweise. Allen Gesprächspartnern sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Mit einem Rücklauf von 12 Fragebögen beteiligte sich ein Viertel der Gesamtbasis. Da die keramische Industrie wie oben beschrieben sehr vielfältig ist und sich die Segmente stark unterscheiden, können aus der Stichprobe dennoch nur bedingt allgemeine Schlussfolgerungen abgeleitet werden. Im Folgenden soll dieses versucht werden.

5.2.1 Daten zur Stichprobe

In den 12 an der Befragung teilgenommenen keramischen Unternehmen arbeiteten 2011 fast 8.500 Beschäftigte; davon waren rund 4.900 Arbeiter, 3.300 Angestellte und 350 Auszubildende. Mit dieser Beschäftigtengröße konnten etwa 25 Prozent des ca. 33.000 Beschäftigte umfassenden keramischen Wirtschaftszweiges in die Fragebogenaktion einbezogen werden.

Die Beschäftigtenhöhe pro Unternehmen wies eine große Bandbreite auf; und zwar von etwas unter 100 Mitarbeitern bis knapp über 2.000 Beschäftigte. Durchschnittlich hatte ein Betrieb der Stichprobe eine Belegschaftsstärke in Höhe von rund 700 Mitarbeitern (und war somit nicht repräsentativ für die Branche; siehe Abschnitt 2.4).

Die Mehrzahl der Firmen verfügte über eine lange Unternehmenstradition. Vier Gesellschaften der Stichprobe befanden sich in Familienbesitz. Bei vielen anderen Unternehmen hatte es in den letzten Jahren wegen wirtschaftlicher oder finanzieller Herausforderungen Eigentümerwechsel gegeben. Rund die Hälfte der keramischen Unternehmen der Stichprobe war inzwischen in ausländischem Besitz. Vielfach sind die deutschen Betriebe nun integraler Bestandteil international gut aufgestellter Konzerne.

Jeweils 4 Unternehmen zählten zu den Segmenten Haushaltswaren/(Hotel-)Porzellan sowie Sanitärkeramik. Drei Betriebe ordneten sich dem Bereich technische Keramik zu. Ein Unternehmen zählte zum Segment Feuerfeste Werkstoffe und Waren.

Beim Umsatz pro Beschäftigten waren starke Unterschiede zwischen 100 bis über 500 TEUR pro Betrieb zu konstatieren.⁶ Diese Spannweite kann auf die Segmentzugehörigkeit, Marktbedingungen, Differenzen in der Wertschöpfungstiefe sowie Leiharbeit zurückgeführt werden.

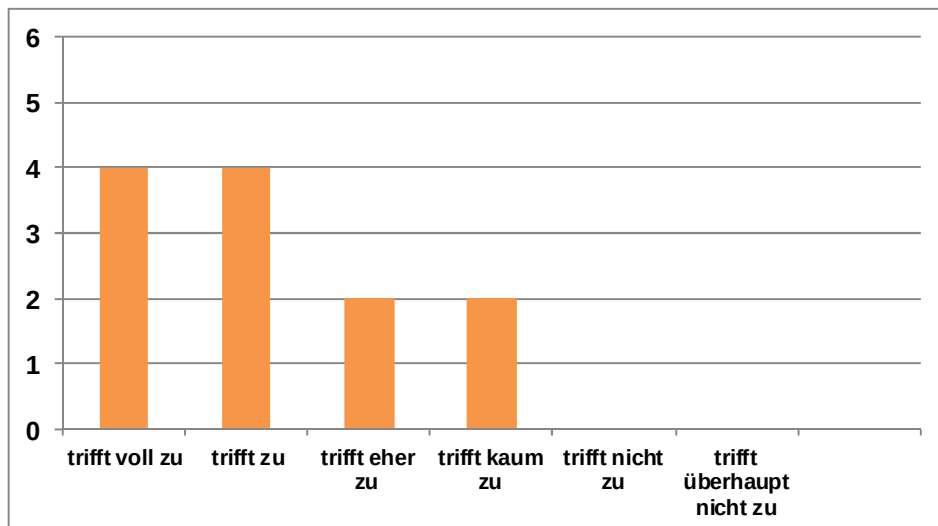
5.2.2 Selbsteinschätzung der Mitbestimmungsträger bei Innovationen

Zwei Drittel der Betriebsräte kümmern sich nach eigenen Angaben „sehr aktiv“ bzw. „aktiv“ um die Nutzung und Verbesserung des Betrieblichen Ideenmanagements bzw. des Betrieblichen Vorschlagswesens (BVW; vgl. Abb. 26) Teilweise werden ausgesprochen intensive Werbemaßnahmen im Rahmen der Innovationssysteme durchgeführt, wie in den

⁶ Nicht alle Mitbestimmungsträger konnten den Umsatz ihres Betriebes nennen.

begleitenden Interviews berichtet wurde. Zentrales Anliegen der Mitbestimmungsträger ist es, mittels Innovationen den jeweiligen Standort zu sichern und Arbeitsplätze zu erhalten.⁷

Abb. 26: „Der Betriebsrat kümmert sich aktiv um Nutzung und Verbesserung von Ideenmanagement / Betriebliches Vorschlagswesen“



Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

Nach eigenen Einschätzungen stehen in der Arbeit des Betriebsrates dabei weniger *Produktinnovationen* im Vordergrund. Regelmäßige Themen in den Mitbestimmungsgremien sind vielmehr eher *Prozessoptimierungen* und insbesondere *Arbeitsplätze und – abläufe*. Diese Prioritätensetzung spiegelt einerseits den Charakter der Prozessinnovationen und die machtpolitischen Instrumente der Mitbestimmungsseite wider; andererseits die Herausforderungen bei Produktinnovationen in traditionellen Wirtschaftszeigen.

Prozessinnovationen können erstens die Überlebensfähigkeit eines Unternehmens nachhaltig durch sinkende Kosten, optimierte Abläufe und/oder eine verbesserte Innovationskultur beeinflussen. Vor allem die Restrukturierungszwänge der letzten Jahre führten in vielen Teilsegmenten der keramischen Industrie zu einer entsprechenden Schwerpunktsetzung in den Mitbestimmungsgremien.

Zweitens betreffen Verfahrensverbesserungen in der Regel mehr Arbeitnehmer als Produktinnovationen; allerdings können die potenziellen Auswirkungen auch folgenreicher sein. Den Betriebsräten stehen deshalb mit den Paragraphen 80.3 sowie 111-113 Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) machtvolle Instrumente zur Begleitung produktivitätssteigernder Maßnahmen zur Verfügung.

Aufgrund ihrer langjährigen Kenntnisse und betriebsverfassungsrechtlichen Instrumente können Mitbestimmungsträger (und Mitarbeiter) wichtige Anregungen hinsichtlich der

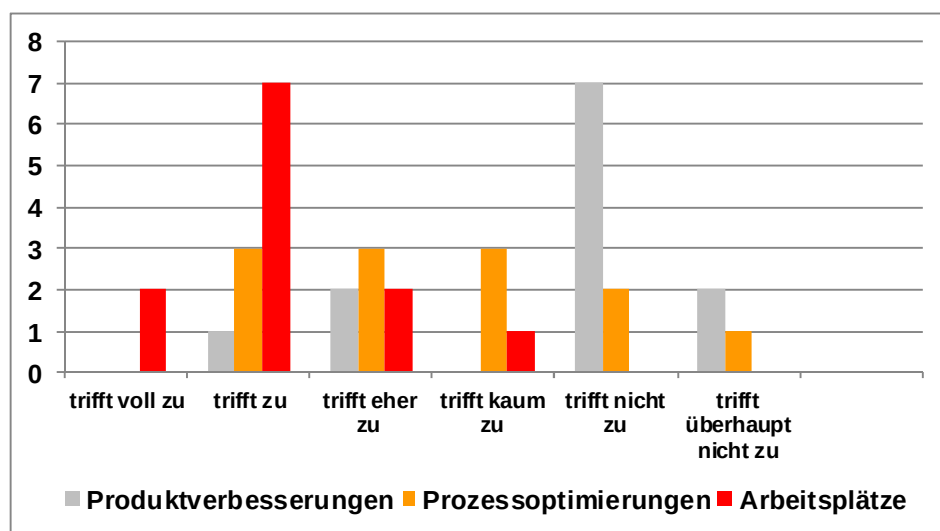
⁷ In den Unternehmen, wo der Betriebsrat sein Engagement weniger stark beurteilte, waren die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen oftmals im Ausland konzentriert. Häufig ging diese zentrale Steuerung mit einem autoritären Führungsstil vor Ort einher.

Prozesse und Arbeitsplätze geben. Nach eigener Einschätzung ist die Mehrheit der Betriebsräte „sehr gut“ bis „gut“ in der Lage, geplante organisatorische und technische Veränderungen zu beurteilen.

In den Interviews wiesen Produktionsleiter ebenfalls darauf hin, dass die Mitbestimmungsseite und die Beschäftigten wesentliche Beiträge zur Verbesserung von Prozessen geliefert hätten. Beispielsweise haben sie die Herstellung von Haushaltswaren im Rahmen eines neuen Fertigungsverfahrens in einem Porzellanbetrieb stabilisieren können. Eine Folge ist, dass dabei nun weitaus weniger Beschäftigte als im benachbarten Ausland benötigt werden. Dort gelang es ursprünglich nicht, die Anlage stabil zu fahren, weshalb sie nach Deutschland verlagert wurde.

Als Hauptgrund für diesen Erfolg wurde die qualifizierte Belegschaft genannt. Angesichts dieser Erfahrungen sowie den Regelungen im Betriebsverfassungsgesetz engagieren sich fast alle Betriebsräte „stark“ bis „sehr stark“ dafür, die Qualifikationen der Beschäftigten anzupassen und weiter zu entwickeln.

Abb. 27: „Regelmäßiges Thema in der Arbeit des Betriebsrates sind ...“



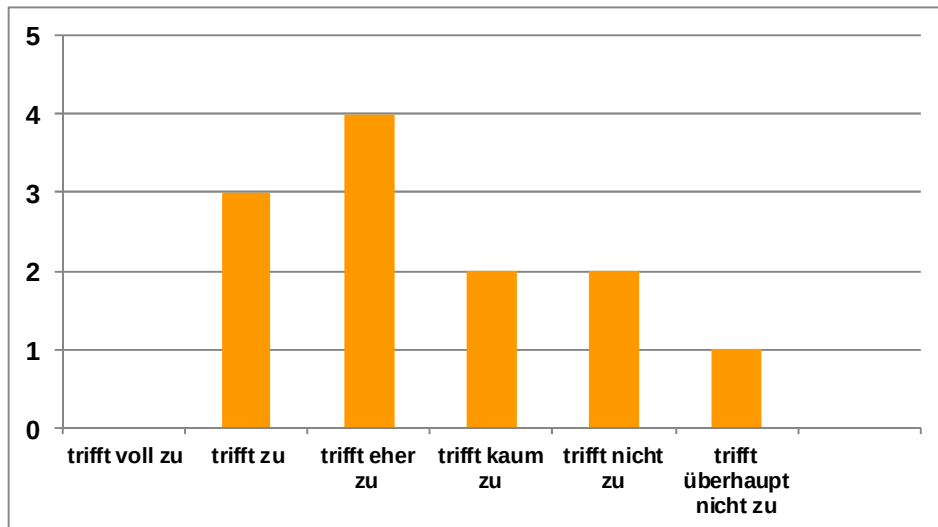
Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

Neben der Zentralisierung der F&E-Abteilungen im Ausland dürfte für obige Prioritätensetzung zudem ursächlich sein, dass Produktinnovationen in der keramischen Industrie heutzutage im Allgemeinen einen wissensbasierten, langjährigen Entwicklungsprozess - oftmals in Netzwerken - zur Grundlage haben. Verschiedene Disziplinen und Experten arbeiten insbesondere in der technischen Keramik häufig längere Zeit zusammen, um die Innovationen zur Serienreife und zu marktfähigen Produkten weiter zu entwickeln.

Da die Innovationskette von der Idee bis zur stabilen Fertigung und zum Markterfolg immer komplexer wird, kann die Rolle der Beschäftigten und der Mitbestimmungsträger in diesem Kontext unter den herrschenden Rahmenbedingungen nur beschränkter Natur sein. Um diese Engpässe zu überwinden, bedarf es in der Regel institutioneller, finanziell unterlegter

(Projekt-) Strukturen. Insofern bemühen sich viele Mitbestimmungsträger, die Budgets für Forschung und Entwicklung auch in weniger guten Zeiten zu sichern.

Abb. 28: „Energie- und Materialeffizienz ist derzeit ein wichtiges Thema des Betriebsrates“



Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

Überraschend fiel die Antwort hinsichtlich der Beurteilung „Energie- und Materialeffizienz ist derzeit ein wichtiges Thema des Betriebsrates“ aus. Trotz der öffentlichen Diskussionen hinsichtlich Ressourceneffizienz und der ambitionierten Ziele in der sog. Energiewende war dieses Themenfeld für die meisten Mitbestimmungsträger *derzeit (also im Frühjahr 2012)* kein vorrangiges Handlungsfeld. Nur drei Betriebsräte bewerteten obigen Satz mit „trifft zu“, also der zweithöchsten Note. Die Mehrzahl der Antwortenden stufte das Thema auf „trifft kaum“, „trifft nicht“ oder gar auf „trifft gar nicht zu“ ein.

Die Hintergründe für dieses Urteil bleiben unklar. Schließlich ist der Aufwand für Rohstoffe und Energie in der Keramik hoch; und in den letzten Jahren zudem angestiegen. Des Weiteren finden seit Jahren entsprechende Anstrengungen zur Ressourceneffizienz auf betrieblicher Ebene statt. In der Befragung wiesen 9 Betriebsräte auf entsprechende Maßnahmen der Firmen hin. Einige Unternehmen haben darüber hinaus bereits Energiemanagementsysteme eingeführt bzw. sind gerade dabei, dieses zu tun. In der Regel sind Effizienzvorschläge auch Teil des Betrieblichen Vorschlagswesens (wie in den Interviews bestätigt wurde). Insofern ist zu vermuten, dass sich die Betriebsräte regelmäßig mit entsprechenden Ideen zur Material- und Energieeffizienz beschäftigen. In der Selbstwahrnehmung der Mitbestimmungsträger werden Effizienzmaßnahmen dennoch eher dem Kostenthema zugeordnet. Ressourceneffizienz ist dieser Logik zufolge derzeit weniger wichtig als andere Handlungsfelder; sie besitzt keinen strategischen Anreiz.

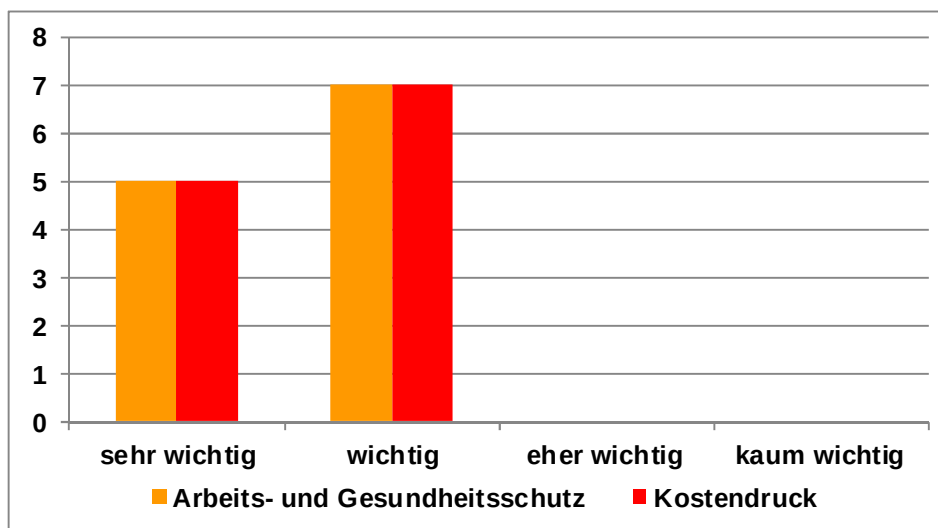
5.2.3 Zukunftsthemen des Unternehmens

Diese Prioritätensetzung änderte sich, als danach gefragt wurde, welche Themen für das jeweilige Unternehmen aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung sein werden. Die Frage zielte folglich nicht auf die herannahenden Handlungsschwerpunkte der Mitbestimmungsseite ab. Vielmehr standen die künftigen Herausforderungen des jeweiligen Betriebes im Vordergrund.

Alle zwölf Betriebsräte bewerteten sowohl den bevorstehenden *Kostendruck* als auch den *Arbeits- und Gesundheitsschutz* mit „sehr wichtig“ oder „wichtig“.

- Im ersten Fall dürfte nicht nur die allgemeine Konkurrenzsituation mit starken internationalen Wettbewerbern abgebildet worden sein. Bei den Antworten spielte auch die Auslastung des jeweiligen Werkes eine ausschlaggebende Rolle. In vielen Fällen unterliegt die Zuteilung von Fertigungspaketen nunmehr auch dem unternehmensinternen weltweiten Wettstreit. Produktivität und Kosteneffizienz geraten von daher zunehmend ins Blickfeld.
- Die starke Bewertung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes dürfte mit demographischen Entwicklungen in Deutschland zusammenhängen. Die zunehmende Alterung der Gesellschaft führt zu Engpässen auf den Arbeitsmärkten sowie einem Wettstreit bei Facharbeitern. Da die Unternehmen der keramischen Industrie regional häufig in weniger attraktiven Gegenden beheimatet sind, fällt es einigen Betrieben bereits heute schwer, genügend höher qualifizierte Arbeitskräfte zu rekrutieren. Infolgedessen müssen ältere Mitarbeiter länger an den Betrieb gebunden werden.

Abb. 29: „Folgende Themen sind für unser Unternehmen aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung“



Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

Hinsichtlich seiner Wichtigkeit als Zukunftsthema wurde der Bereich *Prozessinnovationen* an dritter Stelle von den Betriebsräten platziert. Dabei hatten sie die Möglichkeit, die Verfahrensverbesserungen in fünf Ziele zu differenzieren. Hintergrund dieser Unterteilung waren die obigen Überlegungen zu Prozessinnovationen.

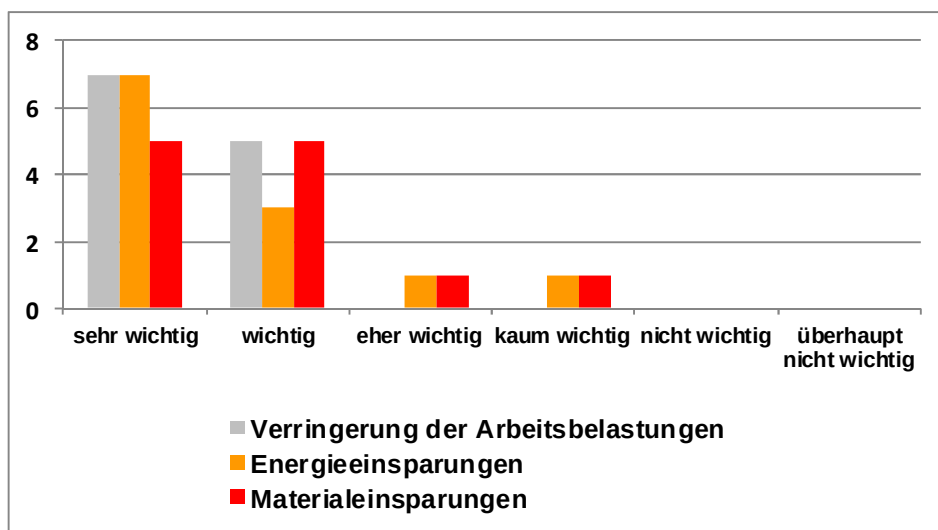
Nach Meinung der Mitbestimmungsseite sollten Prozessneuerungen (Abb. 31) vorrangig die Arbeitsbelastungen der Beschäftigten mindern (7 Antworten „sehr wichtig“; 5 „wichtig“). Als zukünftige Themen der Unternehmen folgten gleich danach *Energieeinsparungen* (7 Antworten „sehr wichtig“; 3 „wichtig“) und *Materialreduzierungen* (5 Antworten „sehr wichtig“; 5 „wichtig“), also große Kostenblöcke. Die hinter diesen Antworten stehende Sorge über den Standort Deutschland wegen hoher Energie- und Materialaufwendungen wurde in den Interviews bestärkt sowie gleichzeitig auf bereits erfolgte Anpassungen hingewiesen. Weitere Energie- und Materialeinsparungen seien nur noch mit erheblichem zusätzlichen Aufwand zu erzielen.

Geringere Bedeutung bei den Prozessinnovationen wurde den Zielen *Vereinfachung der Prozesse* sowie *Gruppenarbeit* beigemessen.

In der Bewertung der Betriebsräte, welche Themen für die jeweiligen Unternehmen zukünftig wichtig seien, folgten mit Abstand die Themenfelder *Mitarbeiterführung*, *Produktinnovation* und *Erhöhung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten*.

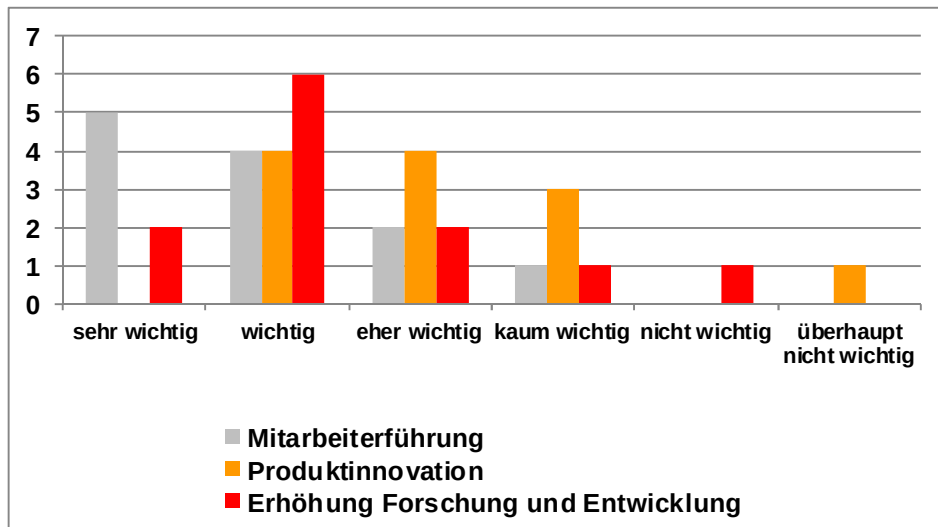
Vor allem die Antworten zu den beiden letzten Punkten unterstreichen, dass die Weiterentwicklung der unternehmerischen Produktpalette bei den Betriebsräten als Zukunftssicherung indirekt hoch präsent ist. Wenn bei direkten Befragungen die Bewertung niedriger ausfällt, liegt dieses sicherlich an den oben bereits aufgeführten Schwierigkeiten, wirklich neue Produktinnovationen hervorzubringen, den Netzwerkstrukturen sowie den häufig zentralisierten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in international agierenden Unternehmen.

Abb. 30: „Bei Prozessinnovationen sind folgende Bereiche für unser Unternehmen aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung.“



Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

Abb. 31: „Zukünftige Wichtigkeit ausgewählter Themen für das jeweilige Unternehmen.“



Quelle: Betriebsrätebefragung 2012

5.2.4 Themen der Betriebsratsarbeit

Auf der Prioritätenliste standen Anfang 2012 folgende Themenfelder in der Betriebsratsarbeit ganz weit oben:

- Sicherung der Standorte und der Arbeitsplätze (Beschäftigungssicherung),
- Ergonomie am Arbeitsplatz, insbesondere im Produktionsbereich verbessern (z.B. durch Einführung von Hebehilfen),
- Innovationsprogramme (mit Werksleitung) erarbeiten; Verbesserungen im Bereich Weißbetrieb anstreben,
- Energieeffizienzmaßnahmen durchführen (Pufferspeicher von Abwärme, Öfen für Heizungen und Warmwasser, Photovoltaik), um Energiekosten zu senken,
- Demographische Entwicklungen bearbeiten (Gesundheitsschutz, bessere Schichtmodelle), Qualifizierung der Mitarbeiter, Ausbildungsplätze erhöhen und prekäre Arbeitsverhältnisse (Leiharbeit) verringern.

Die Auflistung zeigt, dass klassische gewerkschaftliche Themen wie Sicherung der Arbeitsplätze und Verbesserung der Ergonomie sowie Qualifizierung der Mitarbeiter weiterhin hohe Priorität bei den Mitbestimmungsträgern haben. Ergänzend zu obigen Ergebnissen wird hier deutlich, dass betrieblich verstärkt über Innovationen sowie Energieeffizienzmaßnahmen gesprochen wird. Letzteres ist ein gewisser Widerspruch zu den Ergebnissen, die in der Abb. 29 dargestellt sind. Vielfach scheinen Betriebsräte ihre Rolle in Maßnahmen, die die Ressourceneffizienz des Unternehmens verbessern, noch nicht endgültig gefunden zu haben. Die thematische Vielfalt wurde in den Interviews bestätigt. Klassische Betriebsratsthemen stehen ebenso auf der Tagesordnung wie Prozessinnovationen gepaart mit Effizienzmaßnahmen.

Betriebsräte und Beschäftigte werden dabei nicht nur in Innovationsprozesse eingebunden, die vom Management initiiert werden. Mehrfach wurde berichtet, dass von den

Betriebsräten oder Mitarbeitern teilweise pro-aktiv Innovationsaktivitäten auch losgelöst von den Führungskräften ergriffen werden.

Derartiges Betriebsratshandeln zur Mitgestaltung der Unternehmensentwicklung ist nach der letzten Novelle des Betriebsverfassungsgesetzes rechtlich ausdrücklich erwünscht. Nach Paragraph 92a BetrVG kann der „Betriebsrat ... dem Arbeitgeber Vorschläge zur Sicherung und Förderung der Beschäftigung machen. Diese können insbesondere eine flexible Gestaltung der Arbeitszeit, die Förderung von Teilzeitarbeit und Altersteilzeit, neue Formen der Arbeitsorganisation, Änderungen der Arbeitsverfahren und Arbeitsabläufe, die Qualifizierung der Arbeitnehmer, Alternativen zur Ausgliederung von Arbeit oder ihrer Vergabe an andere Unternehmen sowie zum Produktions- und Investitionsprogramm zum Gegenstand haben.“

Innovationsorientierte Initiativen scheinen indes abhängig von der jeweiligen Unternehmenskultur zu sein. Zentrale Managementsysteme verbunden mit autoritären Führungsstilen vor Ort minimieren proaktives Innovationshandeln von Betriebsräten (und Beschäftigte).

5.3 Fazit

Die Befragung der Betriebsräte der keramischen Industrie bestätigte eine insgesamt positive Haltung von Mitbestimmungsträgern zum Thema Innovation. Zwei Drittel der Mitbestimmungsakteure kümmern sich nach eigenen Angaben intensiv um die Nutzung und Verbesserung des betrieblichen Innovationsmanagements. Sie werben aktiv für ein positives Innovationsklima im Betrieb.

Derzeit fördern sie das Innovationsgeschehen vor allem durch Ideenwettbewerbe und der Unterstützung innovationsbereiter Mitarbeiter bei der Ausarbeitung ihrer Ideen. Die Expertengespräche verdeutlichten zudem, dass die Mitbestimmungsakteure des Weiteren die Effizienz und Effektivität der Innovationsanreizsysteme steuern.

Ob derartige Aktivitäten heutzutage in innovationsstarken Branchen bereits ausreichen, wird vielfach bezweifelt. Beispielsweise fordert der Vorsitzende der IG BCE Michael Vassiliadis neue Akzente: „Eine bessere Einbeziehung der Arbeitnehmer in die breiter zu fassenden Prozesse der Innovation erfordert jedoch neue Wege, die über die „klassischen“ Vereinbarungen – wie z.B. zum betrieblichen Vorschlagswesen – hinausreichen“ (in: Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 66).

Im Vordergrund der unterstützenden Innovationsaktivitäten des Betriebsrates stehen in der Regel Prozessoptimierungen und die Verbesserungen der Bedingungen am Arbeitsplatz. Auch in der keramischen Industrie bestätigt sich somit, dass Mitbestimmungsträger keineswegs als Bremser von Neuerungen auftreten. Die Betriebsräte versuchen allerdings zugleich, ihrer betrieblichen Rolle gerecht zu werden und negative Auswirkungen von Innovationen auf die Arbeitsplätze zu verhindern bzw. zu mildern. Die Befragung der Betriebsräte in der keramischen Industrie zeigt insofern einmal mehr, dass das deutsche System der Mitbestimmung als Pluspunkt im internationalen Wettbewerb gewertet werden muss.

Vorschläge für Produktinnovationen erfolgen nach Betriebsräteangaben deutlich weniger. Diese Zurückhaltung hängt sicherlich wesentlich mit dem erreichten Grad der Produkte zusammen. In der technischen Keramik werden heutzutage entsprechende Neuerungen nicht mehr in einem Betrieb oder einem Labor generiert; sondern sind oftmals Resultat von gemeinschaftlichen Forschungsaktivitäten der Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

In diesem Kontext verfügt Deutschland über eine gut ausgebaute Universitäts- und Wissenslandschaft mit zahlreichen Instituten, die die Unternehmen bei der Suche und Entwicklung von innovativen Produkten und Materialien unterstützen. Alleine das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS wies im Jahre 2011 an beiden Standorten 431 Vollzeitstellen auf (Fraunhofer 2012, S. 11). Die Forschungsinfrastruktur in Deutschland stellt somit eine gute Ergänzung zur mittelständisch strukturierten Keramikbranche dar und ermöglicht auch kleinen und mittelständischen Betrieben, mittels Auftragsforschung, Innovationskooperationen oder anderen Formen der Zusammenarbeit Innovationen voran zu treiben und international erfolgreich zu bleiben.

Unter diesen komplexen Rahmenbedingungen würde eine umfassendere Einbeziehung der Beschäftigten und Betriebsräte ins Innovationsgeschehen erweiterte „Räume“ und Ressourcen für Beteiligung erfordern. Diese „Formatierung“ von Prozessen, Ressourcen und Räumen würde deshalb weit über Interessenvertretung im klassischen Sinne hinausgehen (vgl. Michael Vassiliadis, Vorsitzender der IG BCE in: Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 68). Diese Aufgabe bedürfte zusätzlicher, innovativer Regelungen.

Dass Material- und Energieeffizienz als ein untergeordnetes Thema der Mitbestimmungsseite eingestuft wurde, war überraschend. Schließlich ist der Energieverbrauch in diesem Wirtschaftssegment hoch. Teile der keramischen Industrie sind nach der ersten internationalen Klimakonferenz in Berlin (1995) Selbstverpflichtungen eingegangen, den CO₂-Ausstoß in definiertem Umfang zu verringern. Diese Ziele scheinen bis 2012 nicht erreichbar zu sein (RWI 2012). Die Frage ist folglich, ob dieses Ergebnis auch mit einer schlechten Einbindung und Beteiligung von Mitbestimmungsträgern und Beschäftigten zusammenhängen kann.

Die Etablierung von Energiemanagementsystemen könnte hier strategisch Weiterentwicklungen induzieren. Die mit derartigen Systemen verbundene systematische Suche nach Energieeinsparmöglichkeiten basiert auf zielgerichteten Anstrengungen. Bessere Erfolge dürften Energiemanagementsysteme dann zeigen, wenn sich Beschäftigte verstärkt einbringen können. Hier könnten strategische Ansatzpunkte nicht nur für das Management gegeben sein. Die Mitbestimmungsseite könnte ebenfalls gestärkt aus derartigen Partizipationsmöglichkeiten hervorgehen, wenn sie sich entsprechend aufstellt und einbringt.

6 Schlussfolgerungen - arbeitspolitische Implikationen

Die großen Herausforderungen sind schnell skizziert, die Unternehmen der keramischen Industrie in den kommenden Jahren zu bearbeiten haben. Neben der stetigen Entwicklung neuer Produkte müssen die Betriebe

- Märkte sichern und neue erschließen,
- Materialien einsparen,
- Verfahren und Abläufe durchleuchten,
- die Produktivität weiterhin erhöhen,
- Recycling forcieren,
- und vor allem Energie einsparen bzw. besser nutzen, um klimapolitischen Vorgaben zu genügen (siehe z.B. Reh 2008c).

Unter dem Druck der Tagesgeschäfte wird in Betrieben nicht immer mit der nötigen Bestimmtheit die Absicherung und der Aufbau von Geschäftsfeldern, die Entwicklung neuer Produkte sowie die Verbesserung der Prozesse im oben beschriebenen Sinne verfolgt. Unternehmen können dann schnell in krisenhafte Prozesse geraten.

Trotz dieser Risiken ist indes von Betriebsräten kaum zu erwarten, „dass sie die Produkte, Dienstleistungen und Märkte von (über-)morgen erfinden ... oder die strategische Führungsarbeit des Managements leisten. Betriebsräte sind in erster Linie Interessenvertreter und keine „Co-(Innovations-)Manager“! (Kriegesmann/Kley 2012, S. 128)

Gleichwohl bestehen für Mitbestimmungsträger Ansatzpunkte, sich in die Bearbeitung obiger Innovationsaufgaben einzubringen und Arbeitsplätze zu sichern. Richtig eingeordnet, ist Innovation ein weiteres wichtiges Handlungsfeld für Betriebsräte.

Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Befragung ergab, dass der Mehrzahl der Interessenvertretungen in der keramischen Industrie dieses Themenfeld indirekt stark präsent ist und sie sich Innovationen bereits angenommen hat. Indes ist auch zu beobachten, dass unter dem Druck der Tagesaufgaben das Thema ambivalent gesehen wird und oftmals keine hohe Priorität genießt. Eine strategische Erschließung des Gebietes unterbleibt deshalb oftmals.

Damit Innovationen nicht nur auf „glücklichen Zufällen“ beruhen oder „seltene Ausnahmen“ bleiben, haben Kriegesmann und Kley fünf Module als Orientierungshilfen für Betriebsräte in Innovationsprozessen skizziert und inhaltlich in Form von Boxen kurz beschrieben (Kriegesmann/Kley 2012, S. 129 ff.)

Die fünf Module orientieren sich an idealtypischen Phasen von Innovationen. Für diese Situationen sind die Aktivitäten der Betriebsräte von den beiden Autoren jeweils spezifiziert worden. Im Detail handelt es sich um folgende Module.

- **Modul 1:** Betriebsräte, die Orientierung schaffen und Impulse geben wollen, ...
 - machen Innovationen einzelner Bereiche im gesamten Unternehmen bekannt,
 - nutzen Betriebsversammlungen für Aufforderungen an die Beschäftigten, sich aktiv am Innovationsgeschehen zu beteiligen, und informieren die Belegschaft über relevante Trends für das Unternehmen,
 - sammeln wichtige Informationen aus dem Betrieb, aus dienstlichen und privaten Netzwerken und geben diese an die Belegschaft weiter,
 - sorgen für eine Beteiligung von Interessierten an Messen und Kongressen.
- **Modul 2:** Interessenvertretungen, die konkrete Innovationsideen fördern wollen, ...
 - unterstützen innovationsbereite Mitarbeiter bei der Darstellung ihrer Ideen zur Erfüllung formaler Voraussetzungen im BVW oder Ideenmanagement,
 - fördern das Innovationsgeschehen durch Ideenwettbewerbe (eventuell mittels Teilnahmeprämie)
 - kontrollieren die Effizienz und Effektivität der Anreizsysteme für Innovation und
 - verbreitern das Wissen über Kreativitätstechniken durch Angebote in der betrieblichen Weiterbildung.
- **Modul 3:** Betriebsräte, die die Bewertung und Auswahl von Innovationsansätzen fördern wollen, ...
 - leisten Formulierungs- und gegeben falls Berechnungshilfen für innovationsbereite Mitarbeiter,
 - stellen als Prozesspromotoren Kontakte zwischen innovationsbereiten Mitarbeitern und den Fach- und Machtpromotoren im Betrieb her,
 - verstärken Mitarbeiterideen durch formelle und informelle Kontakte zum Management,
 - setzen sich als Machtpromotoren für Ideen mit hohem Zukunftspotenzial ein und
 - treten als Anwalt auf, um in die Bewertung von Innovationsideen die Perspektiven der Belegschaft einfließen zu lassen.
- **Modul 4:** Mitbestimmungsakteure, die die Umsetzung von Innovationsideen fördern wollen, ...
 - sichern individuell abgestimmte Qualifizierungsmaßnahmen,
 - fördern den Ausbau der Ausbildungskapazitäten und
 - verankern die Innovationsumsetzung in den Anreizsystemen und bei der Personalbeurteilung.

- **Modul 5:** Betriebsräte, die innovationsförderliche Rahmenbedingungen im Betrieb mit gestalten möchten, ...
 - schaffen Freiräume durch arbeitsorganisatorische und arbeitszeitliche Regulierungen,
 - unterstützen konsequent die Umsetzung von Innovationsvorhaben,
 - fördern eine fehlertolerante Unternehmenskultur und
 - sichern Budgets für Forschung und Entwicklung auch in Krisenzeiten.

Interviewpartner wiesen darauf hin, dass es eventuell hilfreich wäre, wenn diese Module und Handlungsschritte im Rahmen der Betriebsratsarbeit intensiv diskutiert werden würden und sich der Betriebsrat dazu verpflichtet, diese – unabhängig von den Anforderungen des Tagesgeschäftes - mit Leben zu füllen.

Obwohl obige Module für beteiligungsorientierte Innovationsprozesse allgemein entwickelt wurden, könnten sie aktuell als Ausgangspunkt und Grundlage für die stärkere Beteiligung der Interessenvertretungen und Beschäftigten bei der betrieblichen Etablierung von Energiemanagementsystemen genommen werden.

Die keramische Industrie hat im letzten Jahrzehnt eine Reihe von Energie und Material sparenden Maßnahmen durchgeführt. Über alle Produktionsbereiche hinweg konnten Stoffkreisläufe sowohl auf der Feststoff- als auch auf der Wasserseite geschlossen werden. Die Prozesse wurden stabiler durch noch konstantere Mischungen von Rohstoffen. Zudem halfen Online-Überwachungssysteme, die Aufbereitungs-, Formgebungs- und Brennverfahren besser zu kontrollieren und bei Prozessstörungen schneller einzugreifen. Im Ergebnis konnten dadurch die Ausschussquoten bei den Zwischen- und Endprodukten deutlich minimiert werden. Die Ressourceneffizienz wurde stark verbessert.

Dennoch werden keramische Wirtschaftssegmente ihre klimapolitischen Selbstverpflichtungen wahrscheinlich verfehlen (RWI 2010). Beobachter machen dafür u.a. die geringe Sensibilisierung und Beteiligung der Beschäftigten verantwortlich (vgl. z.B. Diedel 2009). Eisbach hat 2008 für die keramische Industrie in Rheinland-Pfalz vorgeschlagen, sich der Thematik Materialeffizienz auch über Weiterbildungsangebote zu nähern. Ziel der Schulungen sollte es sein, Beschäftigte für „... eine höhere Ressourceneffizienz im Betriebs- und Produktionsablauf zu sensibilisieren“ (Eisbach 2008) und zu qualifizieren. Als Begleiter wären eventuell auch ausgewiesene externe Sachverständige und Berater hinzu zu ziehen.

Die derzeit diskutierte Einführung von Energiemanagementsystemen könnte für Betriebsräte Anlass sein (IREES 2011, Prognos2011), sich strategisch dem Thema Energieeffizienz zu nähern und entsprechende Optimierungspotenziale (mit) zu erschließen. Mittels der Anwendung obiger Module dürften genügend innovative Ansätze zu generieren sein, um die großen Herausforderungen der Unternehmen von der Mitbestimmungsseite konstruktiv zu unterstützen. Teilweise könnte die Hinzuziehung externen Fachwissens hilfreich sein, wofür teilweise auch öffentliche Unterstützung zur Verfügung steht. Indes bleibt dafür eine angemessene Unternehmenskultur Grundvoraussetzung.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Auswahl von keramischen Werkstoffen, Eigenschaften und Anwendungsfeldern	10
Abb. 2: Typischer Herstellungsprozess keramischer Erzeugnisse	12
Abb. 3: Exkurs „Technische Keramik“	16
Abb. 4: Statistische Erfassung des keramischen Wirtschaftszweiges	17
Abb. 5: Beschäftigung in den Sparten der keramischen Industrie, 2011	18
Abb. 6: Umsätze in den keramischen Wirtschaftszweigen im Jahre 2011 (in TEUR).....	19
Abb. 7: Umsatz pro Beschäftigten in den keramischen Industriesparten (in TEUR).....	20
Abb. 8: Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren (WZ 23.2): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe	22
Abb. 9: Umsätze im Bereich Feuerfeste keramische Werkstoffe und Waren	23
Abb. 10: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Segment Feuerfeste Keramik	23
Abb. 11: Herstellung von Baumaterialien (WZ 23.3): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe	25
Abb. 12: Umsätze bei der Herstellung von Baumaterialien	25
Abb. 13: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Segment keramische Baumaterialien.....	26
Abb. 14: Herstellung von sonst. Porzellan- und keramischen Erzeugnissen (WZ 23.4): Betriebe und durchschnittliche betriebliche Beschäftigungshöhe	27
Abb. 15: Umsätze im Wirtschaftszweig Porzellan- und keramische Erzeugnisse.....	28
Abb. 16: Arbeitsorientierte Kenngrößen im Wirtschaftszweig Porzellan und sonstige Keramiken	28
Abb. 17: Technische Keramik (WZ 23.44): Betriebe und Beschäftigte pro Betrieb.....	29
Abb. 18: Umsätze im Bereich Technische Keramik (WZ 23.44).....	30
Abb. 19: Arbeitsorientierte Kenngrößen in der Wirtschaftssparte technische Keramik	30
Abb. 20: Anwendungsfelder und Einsatzmöglichkeiten der Piezokeramik	42
Abb. 21: Keramische Forschungsfelder im Bereich Elektronik, Information und Kommunikation	44
Abb. 22: Forschungsansätze für Keramiken im Feld Energie und Umwelt.....	47
Abb. 23: Keramik-Forschungsbedarfe im Feld Maschinen- und Anlagenbau	51
Abb. 24: Ausgewählte Anwendungs- und Entwicklungsbeispiele der Nanotechnologie mit keramischen Werkstoffen/Bauteilen.....	54
Abb. 26: Zusammenhänge zwischen Innovationsfeldern	61
Abb. 27: „Der Betriebsrat kümmert sich aktiv um Nutzung und Verbesserung von Ideenmanagement / Betriebliches Vorschlagswesen“	66
Abb. 28: „Regelmäßiges Thema in der Arbeit des Betriebsrates sind ...“	67
Abb. 29: „Energie- und Materialeffizienz ist derzeit ein wichtiges Thema des Betriebsrates“	68
Abb. 30: „Folgende Themen sind für unser Unternehmen aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung“	69

Abb. 31: „Bei Prozessinnovationen sind folgende Bereiche für unser Unternehmen aus Sicht des Betriebsrates zukünftig von Bedeutung.“	70
Abb. 32: „Zukünftige Wichtigkeit ausgewählter Themen für das jeweilige Unternehmen.“	71

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Meilensteine in der feinkeramischen Prozesstechnologie bis 2002.....	13
Tab. 2: Entwicklung der modernen industriellen Herstellung von Keramik	13
Tab. 3: Aus- und Einfuhr Deutschlands an feinkeramischen Erzeugnissen.....	21
Tab. 4: Energieverbrauch in der keramischen Industrie	32
Tab. 5: Stärken der Keramikindustrie in der EU	34
Tab. 6: Schwächen der Keramikindustrie in der EU.....	35
Tab. 7: Herausforderungen der Europäischen Keramikindustrie.....	36
Tab. 8: Chancen für die Europäische Keramikindustrie	37
Tab. 9: Fördernde und hemmende Faktoren für ein verstärktes Innovationsengagement von Betriebsräten	63

Literaturverzeichnis

BMBF 2010: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesbericht Forschung und Innovation 2010, Bonn/Berlin Juni 2010.

BMBF/ISI Oktober 2010: Bundesministerium für Bildung und Forschung/Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Ressourceneffizienz potenzieren. Broschüre zum Förderschwerpunkt „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“, Karlsruhe Oktober 2010.

BMBF 2011: Bundesministerium für Bildung und Forschung, nano.DE-Report 2011. Status quo der Nanotechnologie in Deutschland, Bonn/Berlin 2011.

Brachhold u.a. 2012: Nora Brachhold, C.G. Aneziris, Volker Stein, Vasileios Rountos, Kirsten Moritz, Thermoschockbeständige feuerfeste Erzeugnisse mit geringerem Kohlenstoffgehalt bzw. kohlenstofffreie Erzeugnisse, in: Keramische Zeitschrift, 64. Jahrgang, Nr. 2 2012, S. 109 – 114.

Brevier 2003: Verband der keramischen Industrie e.V. - Informationszentrum Technische Keramik, Brevier. Technische Keramik, Nürnberg 2003.

Diedel 2009: Ralf Diedel, Materialeffizienz – Umsetzungspotentiale in der keramischen Industrie, in: cfi ceramics forum international, DKG 86 (2009), S. D17 – D20.

ECORYS 2008: ECORYS; FWS Sector Competitiveness Studies – Competitiveness of the Ceramics Sector. Final Report within the Framework Contract of Sector Competitiveness Studies ENTR/06/054, Rotterdam 13 October 2008.

Eisbach 2008: Joachim Eisbach, Die aktuelle Situation der keramischen Industrie für die künftige Beschäftigungsentwicklung in Rheinland-Pfalz. Dokumentation zum Fachworkshop Höhr-Grenzhausen. TBS GmbH Rheinland-Pfalz, Mainz 2008.

Fischer o.J.: Undine Fischer, Einmal / Schnellbrandtechnologie (Präsentation), Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, o.J.; Internet-Abruf unter: <http://tu-freiberg.de/fakult4/ikgb/file/Fischer/Einmal%20Schnellbrandtechnologie%20Vorlesung.pdf>

FAZ vom 28. März 2012: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 28. März 2012.

Fraunhofer 2012: Fraunhofer-Institut für keramische Technologien und Systeme IKTS, 20 Jahre Fraunhofer in Dresden. Jahresbericht 2011/2012, Dresden 2/2012.

Gerlach/Ziegler 2010: Frank Gerlach, Astrid Ziegler, Das deutsche Modell auf dem Prüfstand – Innovationen in der Krise, in: WSI-Mitteilungen 63 (2), Frankfurt am Main 2012.

Hall/Soskice 2001: Peter A. Hall and David Soskice (Ed.), Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage, Oxford 2001.

Hans-Böckler-Stiftung 2012: Innovation und Mitbestimmung. Empirische Untersuchungen und Literaturstudien, Düsseldorf 2012.

Hochleistungskeramik 2025, 2008: Strategieinitiative für die Keramikforschung in Deutschland des Koordinierungsausschusses Hochleistungskeramik der Deutschen Keramischen Gesellschaft (DKG) und Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM), Frankfurt 2008.

IGBCE o.J.: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Gute Arbeit. 12 Thesen, Hannover o.J.

IGBCE 02-2006: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Branchen-Info Technische Keramik, Hannover Februar 2006.

Informationsdienst Wissenschaft 2011: Informationsdienst Wissenschaft der Universität Bremen, Hochmoderne Materialwissenschaft: Neuartige biokeramische Knochenschraube für die Medizin (Pressemitteilung), Bremen den 09.12.2011.

Informationszentrum Technische Keramik o.J.: Informationszentrum Technische Keramik, Anwendungen Technischer Keramik. Maschinenbau/Anlagenbau, Selb o.J.

IREES 2011: Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Untersuchung des Energieeinsparpotenzials für ein Nachfolge-Modell ab dem Jahr 2013ff zu Steuerbegünstigungen für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes sowie der Land- und Forstwirtschaft bei der Energie- und Stromsteuer, Karlsruhe 30. Oktober 2011.

Jirjahn 2010: Uwe Jirjahn, Ökonomische Wirkungen der Mitbestimmung in Deutschland – ein Update, Arbeitspapier 186 der Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf 2010.

Kerbe 2012: F. Kerbe, Jahrestagung der DKG in Verbindung mit dem DKG/DGM-Symposium Hochleistungskeramik (Teil 1), in: Keramische Zeitschrift, 64. Jahrgang, Nr. 2 2012, S. 96 - 101.

Kinkel u.a. 2004: Steffen Kinkel, Gunter Lay, Jürgen Wengel, Innovation: Mehr als Forschung und Entwicklung. Wachstumsstrategien auf anderen Innovationspfaden. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung, Nr. 33, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe 2004.

Kollenberg/Nikolay 2012: Wolfgang Kollenberg, Dieter Nikolay, PT-Keramik in der industriellen Umsetzung, in: Keramische Zeitschrift, 64. Jahrgang, Nr. 2 2012, S. 120 – 123.

Kriegesmann u.a. 2010: Bernd Kriegesmann, Thomas Kley, Stefan Kublik, Innovationstreiber betriebliche Mitbestimmung, in: WSI-Mitteilungen 63 (2), Frankfurt a.M. 2010.

Kriegesmann/Kley 2012: Bernd Kriegesmann, Thomas Kley (unter Mitarbeit von Sebastian Kublik), Mitbestimmung als Innovationstreiber. Bestandsaufnahme, Konzepte und Handlungsperspektiven für Betriebsräte, Berlin 2012.

Linsmeier 2010: Klaus-Dieter Linsmeier, Technische Keramik. Werkstoff für höchste Ansprüche. Die Bibliothek der Technik Band 208, München 2010.

Merkel 2012: Angela Merkel, Regierungserklärung zum G-20-Gipfel in Mexiko, 184. Sitzung des 17. Deutschen Bundestages am 14. Juni 2012, Berlin.

Nerdinger/Wilke 2009: Friedemann Nerdinger, Peter Wilke (Hg.), Beteiligungsorientierte Unternehmenskultur. Erfolgsfaktoren, Praxisbeispiele und Handlungskonzepte, Wiesbaden 2009.

Nikolay o.J.: Dieter Nikolay, Halbzeuge aus PT-Keramik bieten viel Potenzial für die Herstellung von Serienteilen, in: Laser-Magazin Neue Werkstoffe S. 64–65. Online: http://www.laser-magazin.de/dateien/lmonline/redaktion/neuwerkstoffe/nw_lm1_10_artikel1.pdf; Abruf: 01.06.2012

OECD 2005: OSLO-Manual, Guidelines for collecting and interpreting innovation data, OECD Publishing, Paris 2005.

Priddat 2011: Birger P. Priddat, Leistungsfähigkeit der Sozialpartnerschaft in der Sozialen Marktwirtschaft. Mitbestimmung und Kooperation, Marburg 2011.

Rammer u.a. 2010: Christian Rammer, Christian Köhler, Martin Murmann, Agnes Pesau, Franz Schwiebacher (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung)/Steffen Kinkel, Eva Kirner, Torben Schubert, Oliver Son (Fraunhofer ISI), Innovationen ohne Forschung und

Entwicklung. Eine Untersuchung zu Unternehmen, die ohne eigene FuE-Tätigkeit neue Produkte und Prozesse einführen, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2011, Mannheim/Karlsruhe, Dezember 2010.

Reh 2007: Hubertus Reh, Die Geschichte der keramischen Formgebung, in: cfi ceramics forum international, DKG 84 (2007), S. D29 – D32.

Reh 2008a: Hubertus Reh, Wo stehen die deutschen Keramikbranchen im Zeitalter der Globalisierung? Teil 1: Veränderungen in der Keramikwelt in nur 17 Jahren, in: cfi ceramics forum international, DKG 85 (2008), S. D19 – D24.

Reh 2008b: Hubertus Reh, Wo stehen die deutschen Keramikbranchen im Zeitalter der Globalisierung? Teil 2: Fazit und Ausblick nach 17 Jahren echter „Weltwirtschaft“, in: cfi ceramics forum international, DKG 85 (2008), S. D23 – D29.

Reh 2008c: Hubertus Reh, Wachsender globaler Wohlstand – Risiken und Chancen für die Keramik. Teil 3: Wo kann die Keramikindustrie sparen? in: cfi ceramics forum international, DKG 85 (2008), S. D29 – D32.

Reh 2009: Hubertus Reh, Entwicklung der Fachausbildung in der Feinkeramik, Arbeitspapier 180 der Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf Juli 2009.

Roosen u.a. 2007a: Andreas Roosen, Rainer Bartusch, Manfred Nebelung, Karin Scharer, Ullrich Wehr, Thesenpapier zur Vorbereitung einer strategischen Roadmap für die keramische Verfahrenstechnik (Teil 1), in: cfi ceramics forum international, DKG 84 (2007), Nr. 3, S. D19 – D30.

Roosen u.a. 2007b: Andreas Roosen, Rainer Bartusch, Manfred Nebelung, Karin Scharer, Ullrich Wehr, Thesenpapier zur Vorbereitung einer strategischen Roadmap für die keramische Verfahrenstechnik (Teil 2), in: cfi ceramics forum international, DKG 84 (2007), Nr. 5, S. D27 –D30 sowie Fortsetzung in: cfi ceramics forum international, DKG 84 (2007), Nr. 6, S. D19 – D30.

RWI 2010: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2009, Essen 2010.

Scholl 2011: Wolfgang Scholl (Hrsg.), K. Breitling, H. Janetzke, A. Shajek, Innovativität durch Mitbestimmung (Abschlussbericht für die Hans-Böckler-Stiftung), Berlin 2011.

Schumpeter 2006 [1912]: Joseph A. Schumpeter, Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Nachdruck der ersten Auflage von 1912, Berlin 2006.

Schwarz-Kocher u.a. 2011: Martin Schwarz-Kocher, Eva Kirner u.a., Interessenvertretungen im Innovationsprozess. Der Einfluss von Mitbestimmung und Beschäftigtenbeteiligung auf betriebliche Innovationen, Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung 125, Berlin 2011.

Staudt 1983: Erich Staudt, Missverständnisse über das Innovieren, in: Die Betriebswirtschaft, 43. Jg., 3/1983, S. 341 – 356.

Staudt/Kriegesmann 2002: Erich Staudt/Bernd Kriegesmann, Kompetenzentwicklung und Innovation, Münster u.a. 2002.

Toma u.a. 2010: Filofteia-Laura Toma, Lutz-Michael Berger, Stefan Langner, Tobias Naumann, Suspensionsspritzen – Das Potenzial einer neuen Spritztechnologie, in: Thermal Spray Bulletin, Nr. 1/2010, S. 24 – 29.

UBA August 2007: Umweltbundesamt, Merkblatt über die Besten Verfügbaren Techniken in der Keramikindustrie (mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung), Dessau-Roßlau August 2007.

Wissenschaftlicher Beirat 2012: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Wege zu einer wirksamen Klimapolitik, Berlin 02. Februar 2012.

Zakaria 2009: Fareed Zakaria, The Post-American World, New York 2008 (Deutsche Ausgabe: Der Aufstieg der Anderen: das postamerikanische Zeitalter, München 2009).

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Innovationen Branchenreport Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie. Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2010, Mannheim Januar 2011.

Ziegler u.a. 2010: Astrid Ziegler, Bernd Kriegesmann, Thomas Kley, Sebastian Kublik, Betriebliche Innovationsfähigkeit: Die Perspektive der Betriebsräte – Empirische Ergebnisse aus der WSI-Betriebsrätebefragung 2008/2009, Marburg 2010.

Impressum

Herausgeber: Hans-Böckler-Stiftung
IG Bergbau, Chemie, Energie,
Hauptvorstand
Verantwortlich: Michael Vassiliadis
Autor: Werner Voß, Dipl. Ökonom, Bremen
Redaktion: Iris Wolf, Ressort Innovation/Technologie
Abt. Wirtschafts- und Industriepolitik
Kontakt: iris.wolf@igbce.de
Titelfotos: © CeramTec, © Villeroy&Boch AG

Hannover, Dezember 2012