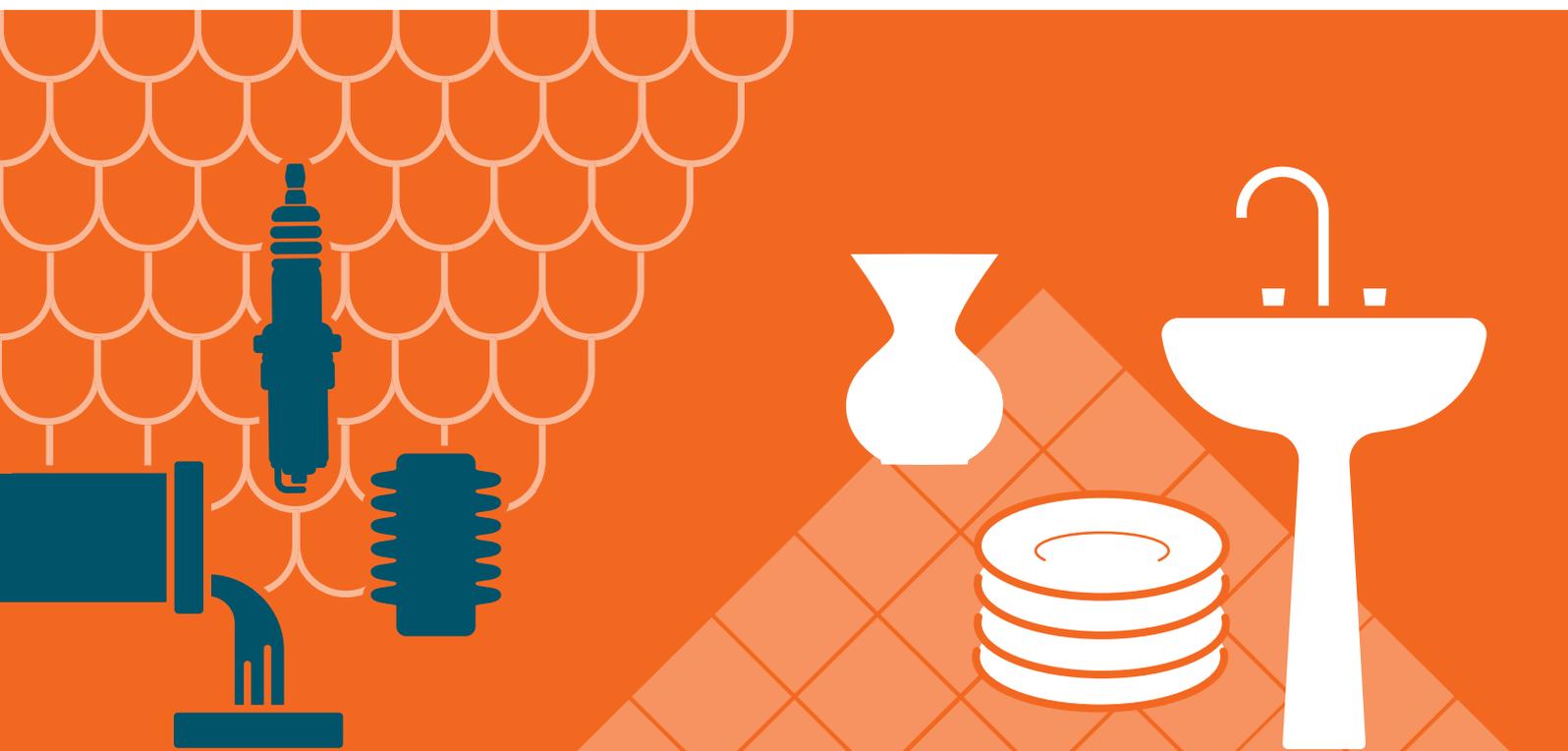


Branchenausblick 2030+

Die Keramische Industrie



Impressum

BRANCHENAUSBLICK 2030+
Die Keramische Industrie

ERSTELLT IM AUFTRAG VON
Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

- Inselstraße 6, 10179 Berlin
- Königsworther Platz 6, 30167 Hannover

Telefon +49 30 2787 14

DURCHFÜHRUNG
VDI Technologiezentrum GmbH
Autor*innen: Simon Beesch, Oliver S. Kaiser, Dr. Norbert
Malanowski, Jana Steinbach

PROJEKTLEITUNG
Malte Harrendorf, Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

LEKTORAT
Gisela Lehmeier, FEINSCHLIFF

SATZ UND LAYOUT
pandamedien GmbH & Co. KG

TITELBILD
pandamedien

DRUCK
Spree Druck Berlin GmbH

VERÖFFENTLICHUNG
Oktober 2021

BITTE ZITIEREN ALS
Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2021):
Branchenausblick 2030+: Die Keramische Industrie. Berlin.

Vorwort

Die Bundesrepublik Deutschland und die Europäische Union haben sich ein ambitioniertes Klimaschutzziel gesetzt: Klimaneutralität bis Mitte des Jahrhunderts. Im Rahmen des Green Deal wurden die Emissionsminderungsziele für die EU jüngst von -40 auf -55 Prozent bis 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 angehoben.

Für Deutschland bedeutet dies unter anderem, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien deutlich beschleunigt werden muss, dass die CO₂-Zertifikatsmenge im Rahmen des ETS-Systems (Emissions Trading System) schneller reduziert wird, dass der CO₂-Preis voraussichtlich steigt und dass dadurch der Dekarbonisierungsdruck auf die ganze Gesellschaft – und insbesondere auf die Industrie – zunimmt. Gleichzeitig ist die Klimapolitik nicht der einzige Prozess, der derzeit die Gesellschaft und die Wirtschaft massiv herausfordert. Die Corona-Krise, die Veränderungen der Globalisierung, die Digitalisierung und der demografische Wandel haben große Auswirkungen auf alle Akteure.

Wie sind deutsche Industriebranchen von diesen gleichzeitig stattfindenden Transformationstrends betroffen? Welche Stärken und Schwächen mit Blick auf die Dekarbonisierung unter beibehaltener Wettbewerbsfähigkeit zeigen sie auf? Was sind besondere Risiken und Chancen des anstehenden Umbaus hin zu Nachhaltigkeit und langfristiger Leistungsfähigkeit? Und wie werden die Arbeit selbst und die Arbeitnehmer*innen in der Industrie dadurch betroffen?

In einer Studienreihe – Branchenausblick 2030+ – untersucht die Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE die Auswirkungen verschiedener Transformationsprozesse auf ausgewählte Industriebranchen. Der Fokus liegt dabei auf technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Poten-

zialen zu Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität; aber auch andere, für die Industriebranchen transformative Entwicklungen werden beleuchtet.

Die Studienreihe komplettiert den Szenarienprozess der IG BCE, in dem Zukunftsszenarien und industriepolitische Strategien für die kommende Dekade entwickelt wurden. Obwohl es immer schwierig ist, mittelfristige Prognosen zu industriellen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen zu machen, ist ein solcher Blick auf aktuelle Trends und Entwicklungstendenzen notwendig, um strategische Antworten auf strukturelle Veränderungen zu entwerfen. Es geht darum, die Zukunftsfähigkeit der Industrie kritisch zu beleuchten, Risiken zu identifizieren und politischen sowie gewerkschaftlichen Handlungsbedarf zu diskutieren.

Unser Ausgangspunkt ist und bleibt, dass die notwendige industrielle Modernisierung mit sozialer Gerechtigkeit, Guter Arbeit und gestärkter Mitbestimmung einhergehen muss.

Wir hoffen, mit dieser Studienreihe konstruktiv zur Debatte über die Herausforderungen, die Potenziale und die konkrete Ausgestaltung der sozial-ökologischen Transformation in der deutschen Industrie beizutragen.

Ich freue mich auf den Austausch!

Dr. Kajsa Borgnäs
Geschäftsführerin
Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick:

Zusammenfassung

Der vorliegende Branchenausblick 2030+ befasst sich mit aktuellen Trends und zurzeit in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft diskutierten Entwicklungsmöglichkeiten der Keramischen Industrie. Vor dem Hintergrund der Schwerpunktthematik „Dekarbonisierung und Nachhaltigkeit“ werden wissenschaftliche Publikationen, Pressemitteilungen, Branchenberichte und Veröffentlichungen aus dem Politikbetrieb analysiert und in Zusammenhang gesetzt. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse und die Kernaspekte der jeweiligen Handlungsfelder zusammengefasst:

Allgemein

Steigende Energiekosten, Fachkräftemangel, Überkapazitäten, Umstellung auf klimaneutrale Produktionswege und die Corona-Pandemie: Die deutsche Keramikindustrie befindet sich in einer anspruchsvollen Transformationsphase. Das ist das Ergebnis des Branchenausblicks.

Die Keramische Industrie in Deutschland ist von einigen großen Unternehmen und vielen kleinen und mittelständischen Betrieben geprägt und teilt sich in die Obersegmente Grob- und Feinkeramik. Zur Grobkeramik zählt die Baukeramik (etwa Bau- und Dachziegel, Kanalisationsrohre, Fliesen), die Produkte sind überwiegend dickwandig und grobkörnig. Feinkeramik hingegen ist feinkörnig, die klassischen Produkte sind Haushalts- und Sanitärkeramik, Tischgeschirr oder künstlerische Erzeugnisse. Dazu gehört auch die Technische Keramik, die Produkte für die Medizintechnik oder die Autoindustrie fertigt.

Umsatz der Gesamtbranche: Von 2005 bis 2019 konnten die Erlöse von rund 7,4 Milliarden Euro auf rund 9,1 Milliarden Euro pro Jahr gesteigert werden. Noch immer ist die deutsche Keramikindustrie Branchenprimus in Europa, doch auch Italien, Frankreich und die Niederlande sind stark aufgestellt. Zudem steigt der Wettbewerbsdruck aus Asien: China und die Niedriglohn-Länder Südostasiens gewinnen zunehmend an Bedeutung. Allerdings hat die deutsche Keramikindustrie international einen exzellenten Ruf wegen der hohen Qualität und Langlebigkeit ihrer Produkte.

Die deutsche Keramikindustrie im internationalen Wettbewerb steht aufgrund der Corona-Pandemie und der zunehmenden Konkurrenz aus dem asiatischen Raum vor großen Herausforderungen. Da ist etwa die Aufgabe, sich auf dem

Markt verstärkt durch Alleinstellungsmerkmale wie eine besonders hohe Energieeffizienz und eine fortgeschrittene Digitalisierung und Automatisierung durchsetzen zu müssen. Mit politischen Rahmenbedingungen, die sowohl die Ansprüche der Energiewende als auch den Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und der industriellen Arbeitsplätze berücksichtigen, könnte die Transformation der Branche erfolgreich gelingen. Arbeitnehmerakteure könnten bei der Bewältigung dieser Aufgabe eine unterstützende und vermittelnde Rolle spielen.

Dekarbonisierung und regulatorische Rahmenbedingungen

Die Reduzierung des teils hohen Verbrauchs fossiler Energien wie Erdgas stellt die Keramische Industrie im Licht der Energiewende vor die Herausforderungen, die Energieeffizienz zu erhöhen und gleichzeitig regenerative Energiequellen einzuführen. Hohe Investitionskosten für die flächendeckende Erforschung und Etablierung neuer Technologien und alternativer Rohstoffe stellen eine erhebliche Hürde dar. Regularien, die ökologisch sinnvoll und ökonomisch durch die von kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) dominierte deutsche Unternehmenslandschaft tragbar sind, werden immer wichtiger. Insbesondere im Hinblick auf die 2021 eingeführte nationale CO₂-Bepreisung sehen sich viele mittlere und kleine Betriebe vor enorme finanzielle Hürden gestellt. Lösungsansätze müssen bei der regulatorischen Seite beginnen, indem auf internationaler Ebene Wettbewerbsbedingungen geschaffen werden, in denen sich deutsche Unternehmen wirtschaftlich behaupten können. Der regulatorische Balanceakt zwischen Klimazielen, Wirtschaftlichkeit und Beschäftigungssicherung wird von gezielten Investitionen in die Erforschung von Anwendungen synthetischer Rohstoffe und erneuerbarer Energien in der Keramischen Industrie begleitet werden müssen. Aus Sicht der Branchenverbände sind bisherige Initiativen, um Carbon Leakage vorzubeugen und die Last der CO₂-Bepreisung und der hohen Stromkosten abzufedern, zu intensivieren. Zurzeit wird in Kooperation zwischen dem Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemetalle (BKRI) und dem Fraunhofer IKTS eine Roadmap entwickelt, die Vorschläge für konkrete Schritte und Maßnahmen beinhalten wird. Parallel sollte die Förderung für Innovationen und neue energieeffiziente Technologien

weiter vorangetrieben werden, trotz der enorm langen Investitionszyklen in der Keramikindustrie. So könnten Teilloptimierungen innerhalb des Herstellungsprozesses zu Energie- und somit zu CO₂- und Kosteneinsparungen führen. Mittels zielgerichteter Förderprogramme sollten KMUs eingehender mit Forschungseinrichtungen zusammengebracht und so Netzwerke gebildet werden, in denen praxisnah Lösungen entwickelt werden können.

Technologische Trends

Digitale Prozessüberwachung und Steuerungs- beziehungsweise Optimierungselemente stehen in vielen Bereichen der Keramischen Industrie noch ganz am Anfang. Künftig werden größere Strecken des Fertigungsprozesses digital begleitet und unterstützt werden können. Mit passender Software und entsprechenden Qualifikationen könnten die Nutzung von digitalen Zwillingen und weitreichende Simulationen die Prototypenherstellung erleichtern und auch in der Massenproduktion entscheidende Fortschritte bringen. Mit umfassenden Fort- und Weiterbildungen können die Beschäftigten auf dem aktuellen Wissenstand gehalten werden, ohne bisherige Wissensressourcen zu verlieren. Um die technische Entwicklung und auch die Bildung der Arbeitnehmer*innen weiter voran zu treiben, können die an vielen Stellen bereits intensiv praktizierten Kooperationen zwischen mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen weiter vertieft werden.

Fachkräftesicherung

Fachkräftesicherung und Steigerung der Arbeitgeberattraktivität werden für Industrie- und Berufsverbände in der Keramischen Industrie wie auch für die einzelnen Betriebe von zunehmender Wichtigkeit werden. Rückläufige Ausbildungs- und Meisterabschlüsse sowie die Alterung der Belegschaften stellen insbesondere mit Blick auf sich wandelnde technische Anforderungen ein potenzielles Hemmnis für ein künftiges Wachstum und eine Weiterentwicklung der Branche dar. Um dieser Herausforderung zu begegnen, könnten Informationskampagnen und Kommunikationsmittel zur Anwerbung von neuen Fachkräften und Auszubildenden entwickelt werden. Dabei sind die besondere Vielfalt und Heterogenität der Spezialisierungsmöglichkeiten für Arbeitnehmer*innen zu betonen. Ansprechende und variable Arbeitszeitmodelle sowie Weiterbildungsmöglich-

keiten tragen ebenfalls zur Attraktivität eines Betriebes bei. Personalsuchstrategien können neben Anzeigenschaltung und Messeauftritten auch die Kooperation mit Schulen, Hochschulen und Bildungseinrichtungen beinhalten.

Wegen des Kostendrucks und der Automatisierungsschritte ist die Zahl der Beschäftigten in den vergangenen 15 Jahren branchenweit von rund 50.000 auf etwa 43.400 (2020) zurückgegangen. Zuletzt hat die Corona-Krise in vielen Bereichen – etwa der Baukeramik oder bei Porzellan für Hotels und Gaststätten – zu herben Umsatzeinbußen geführt. Andere Bereiche, wie die Sanitärkeramik oder der medizinische Bereich in der Technischen Keramik, konnten deutlich zulegen.

Die Herausforderungen sind für die Branche ähnlich: Die Keramikherstellung ist ebenso wie die Gewinnung der Vorprodukte wie Zement oder Kalk ein sehr energieintensiver Prozess. Die steigenden Energiekosten werden den Sektor auch künftig maßgeblich belasten. Zudem sind die Investitionszyklen für neue, modernere Produktionsanlagen sehr lang – technologische Innovationen können angesichts der hohen Kosten von vielen kleinen und mittelgroßen Betrieben nur zögerlich umgesetzt werden. Das gefährdet die internationale Wettbewerbsfähigkeit vieler Firmen.

Ein weiteres Problem der Branche ist der Fachkräftemangel: Viele Betriebe finden nicht ausreichend qualifizierte Arbeitskräfte, die Belegschaften sind überdurchschnittlich alt, seit zwei Jahrzehnten geht die Zahl der Ausbildungsplätze zurück.

Allerdings zeigt die Studie auch Chancen auf: Eine voranschreitende Automatisierung der Produktionsprozesse führe zu Effizienzgewinnen und Kostensenkungen in der Herstellung – das verbessere die Wettbewerbssituation. Zudem profitiere die Technische Keramik von vielen Produktinnovationen, die neue Anwendungsgebiete und Absatzmärkte öffnen.

Mitbestimmung und Arbeitsbedingungen

Die Keramikbranche befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Der Erhalt oder die Steigerung der Zufriedenheit der Beschäftigten können nur gelingen, wenn diese in Transformationsprozesse durch Transparenz und Teilhabe

miteingebunden werden. In einer Befragung konnte gezeigt werden, dass den Betriebsräten in der Keramischen Industrie der Themenkomplex Innovation und Mitbestimmung durchaus präsent ist, aber oftmals im Tagesgeschäft untergeht. Es müssen daher für Interessenvertretungen Kapazitäten geschaffen werden, damit diese als Förderer und Promotoren guter Ideen wahrgenommen werden und als deren Umsetzungsbegleiter guter Ideen agieren können. Diese Strukturen können je nach betrieblichen Rahmenbedingungen in Form eines organisierten Ideenmanagements, mittels einer Erstellung von Austauschplattformen oder Errichtung und Kommunikation von Bildungsmög-

lichkeiten in der Praxis umgesetzt werden. Besonders in tiefgreifenden Transformationszeiten sind Betriebe auf engagierte und qualifizierte Interessenvertretungen angewiesen, die Innovationen effizient fördern können. Ebenso hat die Corona-Pandemie gezeigt, wie wichtig eine flexible Innovations- und Veränderungskultur in Unternehmen sein kann, um schnell und robust auf Krisen reagieren zu können. Dafür sind deutliche Positionierungen, Strategien und Handlungsziele unter Mitarbeit der Beschäftigten und deren Vertretungen zu entwickeln.

SWOT-Analyse

Stärken ("Strengths")

- ☺ Langlebigkeit und Vielseitigkeit von Keramik
- ☺ Zuwachspotenzial in Teilbranchen (z. B. in Baumaterialien, Medizin- und Sanitärtechnik)
- ☺ Hoher Automatisierungsgrad und Digitalisierung steigern Produktionseffizienz
- ☺ Teilbereiche wie die Technische Keramik geprägt durch hohes Innovationspotenzial (z. B. durch additive Fertigung) und Schlüsseltechnologie für andere Industrien

Chancen ("Opportunities")

- ☺ Erschließung neuer Anwendungsgebiete durch Innovationen im Bereich der Technischen Keramik
- ☺ Automatisierung kann zu Effizienzsteigerungen im Produktionsprozess führen
- ☺ Innovationen aus FuE fördern effizientere, emissionsärmere Produktion

Schwächen ("Weaknesses")

- ☹ Hohe Kapitalintensität und produktionsbedingte Energiekosten
- ☹ Lange Investitionszyklen für Anlagen (Lock-in-Effekte)
- ☹ Fehlende Brennstoffalternativen (z. B. H₂) für Hochtemperaturprozesse führen zu hohen Emissionen
- ☹ Fachkräftemangel in Teilbranchen sowie Wissensverluste bedingt durch demografischen Wandel
- ☹ Marktsättigung in einigen Teilbranchen

Risiken ("Threats")

- ☹ Starke Exportorientierung führt zu Unsicherheiten durch hohen internationalen Wettbewerb
- ☹ Hohe Rohstoffpreise und Versorgungsunsicherheiten
- ☹ Hohe Emissionen und CO₂-Kostenbelastungen bei geringem CL-Schutz (BECV) und geringer EE-Verfügbarkeit erhöhen CL-Risiko
- ☹ Geringer CL- und Anti-Dumping-Schutz vs. internat. Konkurrenz
- ☹ Teilweise hohe konjunkturelle Abhängigkeiten in Teilbranchen

Quelle: eigene Darstellung

Inhalt

Vorwort	3
Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick: Zusammenfassung	4
1. Einleitung	8
2. Zuschnitt der Branche	9
2.1 Historische Entwicklung der Keramik	9
2.2 Geografische Einordnung in Deutschland und Europa	10
2.3 Finanzierung und Beschäftigung	11
2.4 Transformationspolitik	14
2.5 Zwischenfazit Branchenstrukturen	16
3. Transformationstrends: Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel, Corona	17
3.1 Digitalisierung	17
3.2 Globalisierung	18
3.3 Demografischer Wandel und Fachkräftesicherung	20
3.4 Corona-Pandemie und Klimazieleverschärfung	21
3.5 Zwischenfazit Transformationstrends: Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel, Corona ..	23
4. Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität	24
4.1 Dekarbonisierung der Keramikindustrie	24
4.2 Beispiele aus Anwendungs- und Forschungsfeldern	27
4.3 Zwischenfazit Dekarbonisierung, Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität	31
5. Rahmenbedingungen	32
5.1 Regulatorische Rahmenbedingungen	32
5.2 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen	35
6. SWOT-Analyse	36
7. Handlungsoptionen für Arbeitnehmerakteure	38
7.1 Handlungsfeld Transformations- und Innovationstrends meistern	38
7.2 Handlungsfeld Fachkräftemangel	38
7.3 Handlungsfeld Dekarbonisierung und regulatorische Rahmenbedingungen	38
7.4 Handlungsfeld Mitbestimmung und Beteiligung	39
Literaturverzeichnis	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Teilbranchen der Keramikindustrie	9
Abbildung 2: Umsätze in der Keramischen Industrie, europäischer Vergleich in 2018, in Mio. Euro	10
Abbildung 3: Beschäftigtenzahl und Gesamtumsatz (in Mrd. Euro) in der Keramikindustrie, Deutschland	11
Abbildung 4: Entwicklung der Betriebe und Betriebsgrößen in der Keramikindustrie	13
Abbildung 5: Investitionen in der Keramikindustrie, in Mio. Euro	14
Abbildung 6: Innovationsausgaben in der Keramikindustrie und im Verarbeitenden Gewerbe, in Mrd. Euro	15
Abbildung 7: Innovationsintensität in der Keramikindustrie und im Verarbeitenden Gewerbe, in Prozent	15
Abbildung 8: Anteil Auslandsumsatz am Gesamtumsatz nach Sektor	19
Abbildung 9: SWOT-Analyse	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umsatz je Beschäftigten in der Keramikindustrie, in Tausend Euro	12
Tabelle 2: Qualifikation und Geschlecht der Beschäftigten in der Keramikindustrie, 2019	13
Tabelle 3: Unterschiedliche Eigenschaften von Erdgas und Wasserstoff als Brenngas	30

1. Einleitung

In der Keramikindustrie werden die Bereiche Bau- und Gebrauchskeramik (Feinkeramik, Geschirr, Sanitärkeramik, Fliesen), Grobkeramik (Ziegel, Dachziegel, Steinzeugrohre, Zement), Feuerfestkeramik und Technische Keramik unterschieden. Dementsprechend ist die Keramikindustrie sowohl hinsichtlich des Produktspektrums als auch hinsichtlich der Fertigungsweise (von der Fließ- bis hin zur Einzelfertigung) sehr heterogen aufgestellt. In dieser Industrie treffen Tradition auf Hochtechnologie, Klimaziele auf lange Investitionszyklen. Breite Anwendungsgebiete finden sich in der Medizin- und Sanitärtechnik, der Automobil- und Elektronikbranche sowie der Energietechnik.

Die Keramikbranche befindet sich – wie viele andere erzeugende und verarbeitende Industrien – in einer tiefgreifenden Transformation. Fertigungsprozesse sehen sich Megatrends wie Digitalisierung, Automatisierung und Globalisierung ausgesetzt, die neben grundlegenden Produktionsabläufen auch die Anforderungen an die Industrie und ihre Arbeitnehmer*innen in Frage stellen. Technische Innovationen beschäftigen Unternehmen und Forschung zugleich, während Beschäftigte und Mitbestimmungsakteure sich mit rasant wandelnden Qualifizierungs- und Fortbildungsfragen konfrontiert sehen, die ebenfalls mit globalen Transformationstrends einhergehen.

Mit nationalen und internationalen Klimaschutzregulierungen steht auch die Keramische Industrie vor der Herausforderung, ihre Energienutzung entsprechend den Zielen des European Green Deal der Europäischen Kommission sowie staatlichen Vorgaben anzupassen. Als energieintensive Industrie mit einer weit verbreiteten Nutzung fossiler thermischer Energie gilt es, in den kommenden Jahren eine erfolgreiche Transformation hin zu einer umfassenden Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu vollziehen. Diese Transformation geht Hand in Hand mit technologischen und regulatorischen Neuerungen, deren Ausmaße und Einflüsse auf Arbeit und Wirtschaftlichkeit bislang noch nicht ganz abschätzbar sind.

Der vorliegende Branchenausblick 2030+ setzt sich zum Ziel, mögliche Entwicklungslinien anhand der identifizierten Zukunftstrends zu zeichnen. Es werden aktuelle Entwicklungen innerhalb der Branche diskutiert und, mit

Blick auf Dekarbonisierung und Nachhaltigkeit, Chancen und Herausforderungen beleuchtet. Zunächst gilt es, in einer Einordnung der Branche die relevanten Eckdaten zusammenzutragen und so den Rahmen für die folgenden Ausführungen einzugrenzen. Darauf folgt eine Diskussion der zentralen Transformationstrends, die die Branche zurzeit und in der kommenden Dekade weiter beschäftigen werden. Dazu zählen die Digitalisierung der Industrie, die Globalisierung von Wertschöpfungsketten sowie der demografische Wandel. Diese Entwicklungen beeinflussen neben dem wirtschaftlichen Wachstum des Sektors Beschäftigungsverhältnisse, Arbeitsorganisation und Bedarfe von Arbeitnehmer*innen. Die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Dynamiken und Arbeitswelten in der Keramischen Industrie werden ebenfalls thematisiert.

Als besonderer Fokus wird die Keramikbranche im Zusammenhang mit Vorhaben und Trends bezüglich der Dekarbonisierung und Verbreitung von Kreislaufprozessen in einem separaten Kapitel diskutiert. In diesem Zusammenhang werden aktuelle Projekte aus der keramischen Forschung vorgestellt. Neben technologischen Innovationen besteht ein Treiber von Transformationen in sich wandelnden regulatorischen und politischen Rahmenbedingungen. Sowohl diese als auch gesellschaftliche und kulturhistorische Rahmenbedingungen werden in den folgenden Kapiteln erläuternd zusammengefasst. Abschließend werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen im Zuge der beschriebenen Transformationstrends herausgearbeitet sowie Handlungsoptionen für Arbeitnehmerakteure diskutiert.

2. Zuschnitt der Branche

2.1 Historische Entwicklung der Keramik

Die ältesten Keramikfunde sind zurückzuführen auf die paläolithische Ära, genauer auf ca. 26.000 vor Christus. Bei den Fundstücken handelt es sich um eine Venus und weitere kleinere Figuren aus Ton, die in der heutigen Tschechischen Republik entdeckt worden sind. Im Laufe der Zeit sind in verschiedenen Regionen der Welt historische Fundstücke aufgetaucht. Töpfereifunde in China sind datiert auf ca. 18.000–17.000 vor Christus. Funde ähnlichen Materials in Japan und der Region, die heute am ehesten als „Russisch-Fernost“ bezeichnet wird, deuten darauf hin, dass sich das Verfahren von China aus verbreitet hat.¹ Keramische Produkte haben seither eine starke Transformation durchlebt. Sowohl die verwendeten Materialien als auch die Anwendungsfelder haben sich ähnlich wie die Produktionsprozesse stetig weiterentwickelt und vervielfacht.

Gemeinhin wird unterschieden zwischen der Bau- und Gebrauchskeramik, der Grobkeramik, der Feuerfestkeramik und der Technischen Keramik.² Eine andere Klassifizierung der Sektoren orientiert sich stärker an der

amtlichen Statistik und unterscheidet den Werkstoff daher primär in Grob- und Feinkeramik.³ Aufgrund der Datenverfügbarkeit und -aufbereitung der amtlichen Statistik orientiert sich das Kapitel zu den Brancheneckdaten an der Unterteilung in Grob- und Feinkeramik.

Der Herstellungsprozess der Keramik folgt insgesamt einem strikten Schema. Die zur Herstellung benötigten Rohstoffe können in Silikat-Rohstoffe, nichtplastische Rohstoffe sowie seltene Erden unterteilt werden und werden in Minen, Steinbrüchen oder Tongruben abgebaut. Während des Produktionsprozesses werden die Rohstoffe auf den von der Verwendung abhängigen Reifegrad gemahlen. Anschließend werden sie, in der Regel unter Hinzugabe von Wasser, zum Vorprodukt vermischt, welches anschließend den Formgebungsvorgang durchläuft. Überschüssige Feuchtigkeit wird im Anschluss durch einen Trocknungsprozess entzogen und der Korpus daraufhin einer Oberflächenbehandlung unterzogen. Anschließend wird das Produkt gebrannt und nachbehandelt.⁴

Abbildung 1: Die Teilbranchen der Keramikindustrie

Grobkeramik	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren (23.2) • Produktion von keramischen Baumaterialien (23.3) <ul style="list-style-type: none"> – Fertigung von Wand- und Bodenfliesen (23.31) – Herstellung von Ziegeln und sonstiger Keramik (23.32)
Feinkeramik	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von sonst. Porzellan und keramischen Erzeugnissen (23.4) <ul style="list-style-type: none"> – Fertigung von keramischen Haushaltswaren und Ziergegenständen (23.41) – Herstellung von Sanitärkeramik (23.42) – Produktion von Isolatoren und Isolierteilen (23.43) – Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke (23.44) – Fertigung von sonstigen keramischen Erzeugnissen (23.49)
Vorprodukte	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips (23.5) <ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Zement (23.51) – Herstellung von Kalk und gebranntem Gips (23.52)

Eigene Darstellung auf der Grundlage von Voß (2012)

¹ The American Ceramic Society.

² Krug & Reuß 2017.

³ Voß 2012.

⁴ EnArgus.de o. J.

Heute kommen keramische Produkte in einer Vielzahl von Anwendungen zum Einsatz. Als Endprodukt wird der Werkstoff häufig in Ziegeln und Fliesen, aber auch in Sanitär- und sonstigen Haushaltsbereichen genutzt. Zudem ist insbesondere die Technische Keramik in einer Vielzahl von Anwendungen in anderen Branchen zu finden. Abhängig von Herstellung und Verwendung bringen keramische Produkte diverse Eigenschaften mit. So beinhaltet die Klasse der Funktionskeramik Produkte, die beispielsweise elektrische oder magnetische Funktionen übernehmen, während Industrie- oder Ingenieurskeramik vornehmlich mechanische Nutzungen zulassen sollen.⁵ Keramische Produkte finden daher unter anderem Anwendung in Autos oder Häusern oder aber in Medizintechnikprodukten wie künstlichen Gelenken.⁶

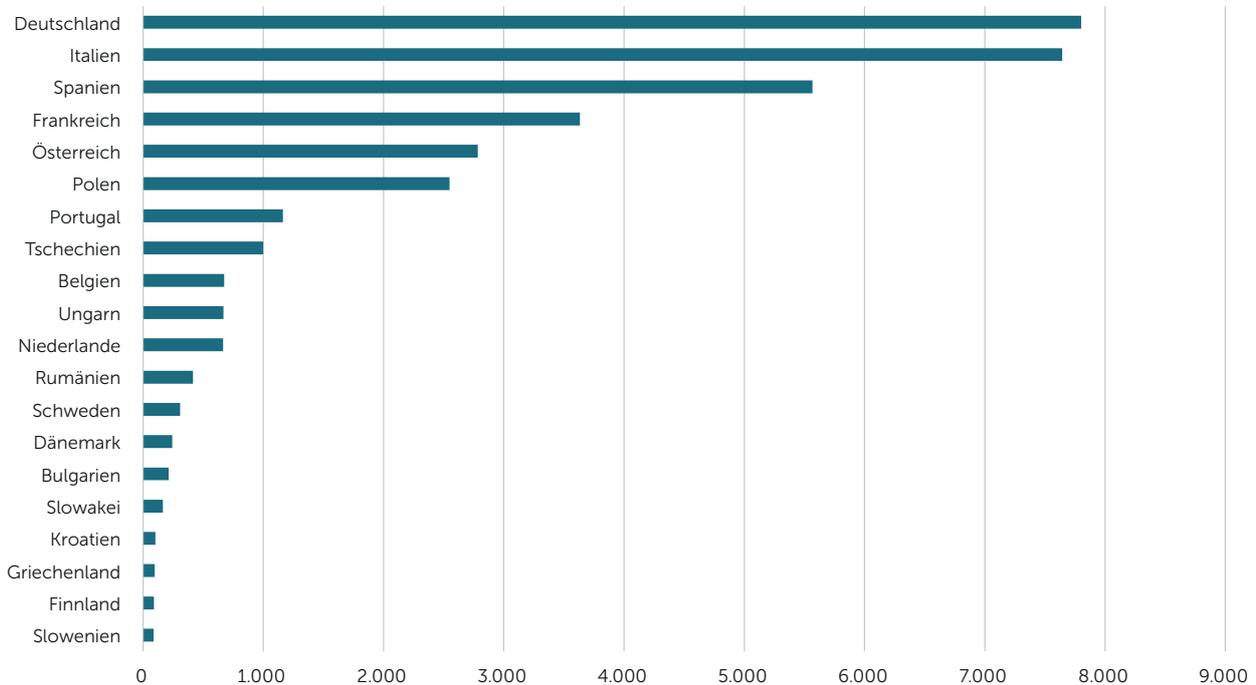
2.2 Geografische Einordnung in Deutschland und Europa

Auf die europäische Keramikindustrie entfällt im weltweiten Vergleich etwa ein Viertel des Gesamtproduktionswertes. Dies entspricht einem Gesamtumsatz von etwa 30 Milliarden Euro pro Jahr. Innerhalb der EU sind mehr als 200.000 direkte Arbeitsplätze mit dieser Wertschöpfung verbunden.⁷ Ein Großteil der Umsätze ist hierbei auf Deutschland, Italien und Spanien zurückzuführen.

Deutsche Keramikhersteller besitzen im Vergleich zu Produzenten aus anderen EU-Mitgliedsstaaten wie Italien, Spanien und Frankreich deutlich höhere Umsatzkosten, was sich in einem Wettbewerbsnachteil auf EU-Ebene äußert. Hierunter fallen insbesondere Handelsbarrieren, aber auch Kostenaufwände bedingt durch einen hohen Energieaufwand sowie steigende Rohstoffpreise. Auch im Inland bestehende regulatorische Kosten im Bereich des Umweltschutzes gelten als kostentreibende Elemente.⁸ Darüber hinaus führen die geringen Lohnkosten in weiteren Ländern dazu, dass deutsche Unternehmen einem enormen Preisdruck ausgesetzt sind. Insbesondere chinesische Produkte werden meist unter sehr geringen Herstellungskosten produziert, sodass europäische Unternehmen in ihrer Produktion häufig nicht mehr wettbewerbsfähig sind.⁹ Insgesamt weist die Keramikbranche der EU eine starke Exportorientierung auf. So werden etwa 30 Prozent der in der EU gefertigten keramischen Güter und Waren im EU-Ausland veräußert.¹⁰

Deutsche Keramikhersteller besitzen im Vergleich zu Produzenten aus anderen EU-Mitgliedsstaaten wie Italien, Spanien und Frankreich deutlich höhere Umsatzkosten, was sich in einem Wettbewerbsnachteil auf EU-Ebene äußert. Hierunter fallen insbesondere Handelsbarrieren, aber auch Kostenaufwände bedingt durch einen hohen Energieaufwand sowie steigende Rohstoffpreise. Auch im Inland bestehende regulatorische Kosten im Bereich des Umweltschutzes gelten als kostentreibende Elemente.⁸ Darüber hinaus führen die geringen Lohnkosten in weiteren Ländern dazu, dass deutsche Unternehmen einem enormen Preisdruck ausgesetzt sind. Insbesondere chinesische Produkte werden meist unter sehr geringen Herstellungskosten produziert, sodass europäische Unternehmen in ihrer Produktion häufig nicht mehr wettbewerbsfähig sind.⁹ Insgesamt weist die Keramikbranche der EU eine starke Exportorientierung auf. So werden etwa 30 Prozent der in der EU gefertigten keramischen Güter und Waren im EU-Ausland veräußert.¹⁰

Abbildung 2: Umsätze in der Keramischen Industrie, europäischer Vergleich in 2018, in Mio. Euro



Quelle: VDI TZ, nach: Eurostat. Strukturelle Unternehmensstatistik. Detaillierte jährliche Unternehmensstatistiken für die Industrie (NACE Rev. 2, B-E). Enthält NACE 23.2, 23.3, 23.4, analog zu den WZ-Klassen. Die Vorprodukte in Klasse 23.5 werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

⁵ Keramverband.de o. J.

⁶ Voß 2012.

⁷ Janssen 2020.

⁸ Steinhaus & Kraft 2021.

⁹ Steinhaus & Kraft 2021.

¹⁰ Janssen 2020.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, konzentriert sich die Keramikproduktion innerhalb Europas auf einige wenige Länder. Auch innerhalb Deutschlands sind Cluster der Keramikproduktion deutlich erkennbar. Ein Schwerpunkt liegt in Bayern, wo mehr als die Hälfte der Beschäftigten und Unternehmen ihren Sitz haben. Weitere regionale Cluster befinden sich im Saarland, in Thüringen und Sachsen.¹¹

2.3 Finanzierung und Beschäftigung

Produktion, Importe und Exporte

Die Gesamtumsätze der deutschen Keramikindustrie (Abbildung 3) sind zwischen 2005 und 2019 beinahe stetig gestiegen, von etwa 7,4 Milliarden Euro in 2005 auf etwa 9,1 Milliarden Euro in 2019. Ausnahmen sind lediglich in den Folgejahren der Finanzkrise ab 2009 sowie durch die Corona-Pandemie 2020 erkennbar. Etwa ein Drittel des Umsatzes in 2019 entfällt auf die Vorprodukte zur Keramikherstellung (WZ08-235, Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips), gefolgt von sonstigem Porzellan und keramischen Erzeugnissen (WZ08-234), keramischen Baumaterialien (WZ08-233) und feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren (WZ08-232).¹² Expert*innen erwarten auch zukünftig positive Umsatzentwicklungen in der Branche der Glas- und Keramikverarbeitung (WZ08-23), dem positiven Trend der letzten Jahre folgend.¹³

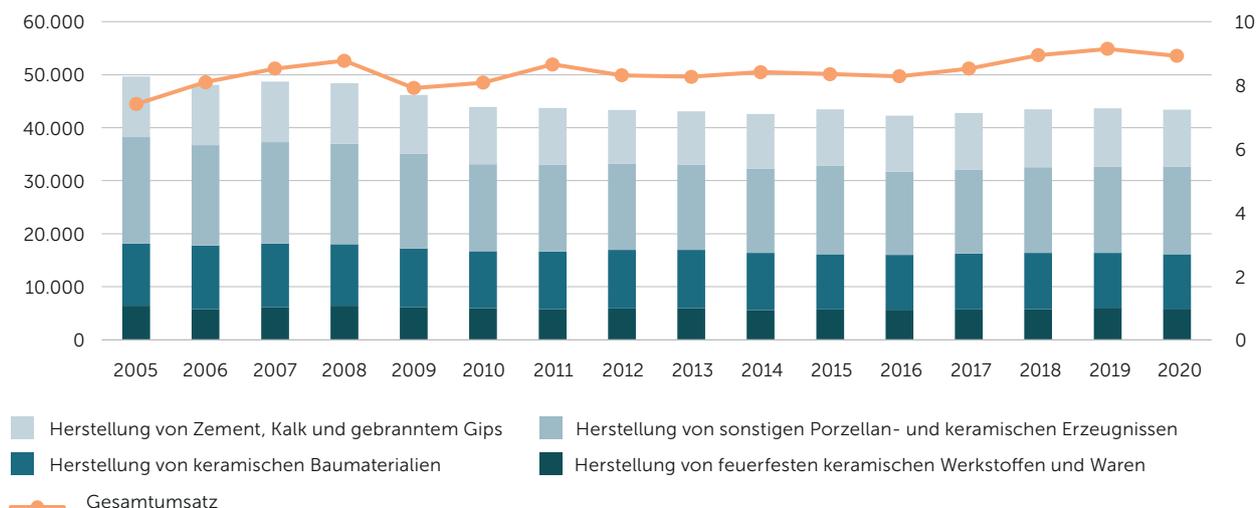
Etwa zwei Drittel des Gesamtumsatzes der deutschen Keramikindustrie in 2019 (etwa sechs Milliarden Euro) sind

durch inländische Transaktionen erwirtschaftet worden, während Waren in Höhe von etwa drei Milliarden Euro im Ausland veräußert wurden. Im Anteil der Exporte ähnelt die deutsche Keramikindustrie dabei der europäischen Industrie. Insbesondere die Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips (WZ08-235) und die Produktion von keramischen Baumaterialien ist stark auf den deutschen Markt konzentriert, während die Herstellung von feuerfesten keramischen Wertstoffen und Waren stark exportorientiert wirtschaftet. Die Grobkeramik ist zudem durch den Produktionsschwerpunkt auf Feuerfest- und Baukeramik (WZ08-232 und WZ08-233) stark durch konjunkturelle Schwankungen nachgelagerter Branchen bestimmt.¹⁴

Beschäftigte

Die Anzahl der Beschäftigten ist im Gegensatz zum Umsatz im betrachteten Zeitraum deutlich gesunken (Abbildung 3), von etwa 50.000 Beschäftigten in 2005 auf etwa 43.600 Beschäftigte in 2019. Insbesondere nach der Finanzkrise ist ein starker Rückgang der Beschäftigtenzahlen zwischen 2008 und 2010 zu verzeichnen, bevor sich die Beschäftigtenzahlen auf ein stabiles Niveau von etwa 43.500 Mitarbeitenden in der Keramikindustrie stabilisierten. Der größte Teil der Beschäftigten ist im Bereich der Feinkeramik tätig. In 2020 betrug die Zahl 16.476 Beschäftigte in der Herstellung von sonstigem Porzellan und keramischen Erzeugnissen (WZ08-234). Die Branche der Grobkeramik beschäftigte in 2020 insgesamt 16.610 Mit-

Abbildung 3: Beschäftigtenzahl und Gesamtumsatz (in Mrd. Euro) in der Keramikindustrie, Deutschland



Quelle: VDI TZ, nach: Destatis (2021): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Tabelle 42111-0003. Beschäftigte auf der linken Achse abgebildet, Gesamtumsatz in Milliarden auf der rechten Achse abgebildet.

¹¹ Steinhaus & Kraft 2021.
¹² Destatis 2020a.
¹³ Steinhaus & Kraft 2021.
¹⁴ Steinhaus & Kraft 2021.

arbeitende, wovon etwa ein Drittel im Bereich der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren (WZ08-232) und die übrigen Personen im Bereich der Produktion von keramischen Baumaterialien (WZ08-233) tätig sind. Die Produktion von Vorprodukten wie Zement, Kalk und gebranntem Gips (WZ08-235) beschäftigte im gleichen Jahr insgesamt 10.766 Mitarbeitende.

2019 erwirtschafteten die Beschäftigten in der Keramikindustrie pro Kopf einen Umsatz von etwa 210.000 Euro (Tabelle 1). Den höchsten Umsatz pro Beschäftigten erzielte hierbei die Sparte der Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips mit ca. 330.000 Euro in 2019, gefolgt von der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren mit 250.000 Euro. Der niedrigste Wert pro Mitarbeitenden wurde in der Feinkeramik erwirtschaftet. Dieser Indikator deutet darauf hin, dass die Herstellung von Feinkeramik einer arbeitsintensiveren Produktion unterliegt als die Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips und von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren. Im Vergleich zum Vorjahr sind der Branchenumsatz sowie der Umsatz je Beschäftigten 2020 im Zuge der Corona-Pandemie leicht gesunken von etwa 210.000 Euro auf etwa 206.000 Euro je Beschäftigten. Hierbei ist zu beachten, dass es innerhalb der Keramischen Industrie einige Sparten gibt, die ihre Umsätze während der Pandemie stark steigern konnten, während andere starke Umsatzeinbußen verzeichneten. Insbesondere Teilbereiche, die dem Bausektor als Zulieferer dienen (WZ08-233, Produktion von keramischen Baumaterialien und WZ08-235, Herstellung von Zement, Kalk und ge-

branntem Gips), konnten ihren Umsatz durch die hohe Nachfrage aus dem Bausektor deutlich steigern.¹⁵

Der durchschnittliche Lohn in der Keramikindustrie lag 2019 bei etwa 30,50 Euro je geleisteter Arbeitsstunde. Den höchsten Stundensatz mit durchschnittlich 38,46 Euro erhielten Beschäftigte in der Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips (WZ08-235), während die Löhne in der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren (WZ08-232) durchschnittlich etwa 29,71 Euro, in der Produktion von keramischen Baumaterialien (WZ08-233) 27,65 Euro und im Bereich der Feinkeramik (WZ08-234) 26,14 Euro betragen. Die Verteilung der Jahresbruttolöhne je Beschäftigten entspricht der Verteilung der Stundenlöhne je Sparte. Der durchschnittliche Jahresbruttolohn in der deutschen Keramikindustrie beträgt in etwa 46.700 Euro.¹⁶ Das höchste Brutto-Jahresentgelt erhalten Mitarbeitende in der Produktion von Vorprodukten (WZ08-235, etwa 58.600 Euro durchschnittlich), gefolgt von Beschäftigten in der Grobkeramik (WZ08-232 durchschnittlich etwa 45.700 Euro, WZ08-233 etwa 43.300 Euro) und Mitarbeitenden in der Feinkeramik (WZ08-234, etwa 39.100 Euro durchschnittlich).

Der kürzlich veröffentlichte Branchenmonitor zur Keramikindustrie von Steinhaus & Kraft (2021) hat weitere Beschäftigungsaspekte der Branche untersucht.¹⁷ So sind in 2019 etwa acht Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten jünger als 25 Jahre alt gewesen. Der Großteil der Beschäftigten mit 64 Prozent befindet sich zwischen dem 26. und 55. Lebensjahr, während etwa 28

Tabelle 1: Umsatz je Beschäftigten in der Keramikindustrie, in Tausend Euro

Sparte	H. v. feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren		H. v. keramischen Baumaterialien		H. v. sonstigen Porzellan- und keramischen Erzeugnissen		H. v. Zement, Kalk und gebranntem Gips		Gesamtindustrie	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Umsatz*	1.510.699	1.259.084	1.767.245	1.833.366	2.369.295	2.283.139	3.499.226	3.547.726	9.146.465	8.923.315
Beschäftigte	6.025	5.873	10.346	10.287	16.307	16.476	10.955	10.766	43.633	43.402
Umsatz je Beschft.*	250,7	214,4	170,8	178,2	145,3	138,6	319,4	329,5	209,6	205,6

* Umsatz und Umsatz je Beschäftigten in Tausend Euro.

Quelle: VDI TZ, eigene Berechnung, nach: Destatis (2021): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Tabelle 42111-0003.

¹⁵ Eine tiefer gehende Analyse der Auswirkungen der Corona-Pandemie findet sich in Kapitel 3.4.

¹⁶ Ohne Miteinbeziehung der Vorprodukte in die Lohnberechnungen beträgt der durchschnittliche Bruttolohn je Beschäftigten in der Keramikindustrie (Grob- und Feinkeramik) in 2019 etwa 42.700 € und der durchschnittliche Bruttolohn je geleisteter Arbeitsstunde etwa 27,80 Euro.

¹⁷ Die der Studie von Steinhaus & Kraft (2021) zugrunde liegende Definition der Keramikindustrie umfasst ausschließlich die WZ-Klassen 08-232 bis 08-234. Die Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips (08-235) ist nicht inkludiert.

Tabelle 2: Qualifikation und Geschlecht der Beschäftigten in der Keramikindustrie, 2019

Qualifikation der Beschäftigten			Geschlecht der Beschäftigten	
Akademischer Abschluss	Berufsabschluss	Kein Abschluss	weiblich	männlich
9,6 %	69,9 %	20,5 %	26,4 %	74,6 %

Quelle: Eigene Darstellung, VDI TZ nach: Steinhaus & Kraft (2021)

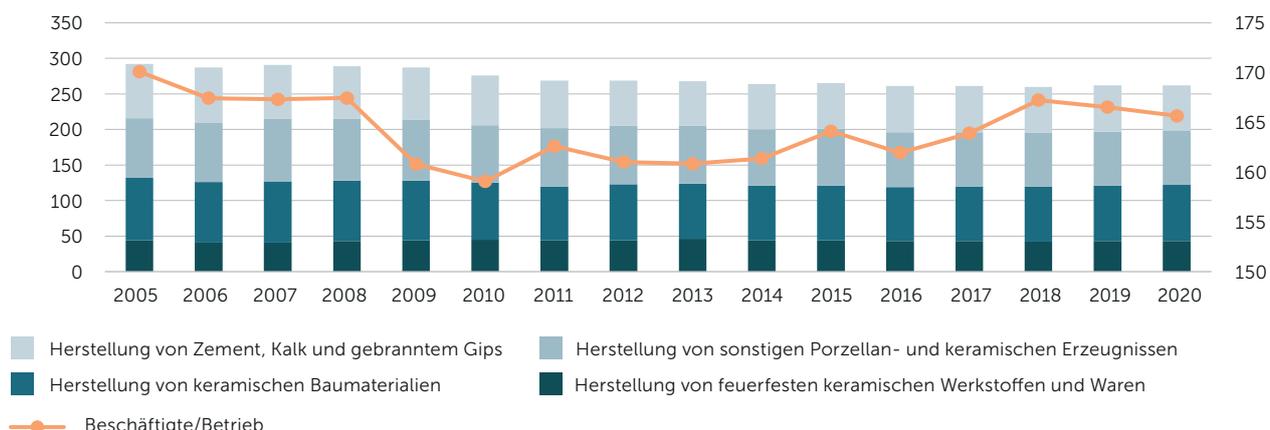
Prozent älter als 55 sind. Etwa 91,5 Prozent der Beschäftigten in der Keramikindustrie sind 2019 vollzeitbeschäftigt gewesen. Ein Großteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten hat einen Berufsabschluss, während etwa zehn Prozent einen Hochschulabschluss und etwa 20 Prozent keinen Abschluss vorweisen können. Etwa ein Viertel der Mitarbeitenden ist weiblich (Tabelle 2). Zudem waren im Jahr 2014 etwa 40 Prozent der Beschäftigten in der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik und der Verarbeitung von Steinen und Erden in Tarifsystemen eingebunden.¹⁸

Die deutsche Keramikindustrie stellt auch bei der Unternehmensgröße eine stark heterogene Branche dar. Neben einer starken Konzentration durch zum Teil international agierende Großkonzerne existieren viele kleine und mittelständische Unternehmen.¹⁹ Insgesamt ist die Anzahl der Betriebe in der Keramikindustrie zwischen 2005 und 2020 von 292 Betrieben auf 262 Betriebe gesunken (Ab-

bildung 4). Der stärkste Rückgang ist im Nachgang zur Finanzkrise 2009 zu verzeichnen. Zwischen 2019 und 2020 ist die Anzahl der Betriebe konstant geblieben. Dies lässt jedoch nur bedingt Rückschlüsse auf die Auswirkungen der Pandemie auf die Keramikindustrie zu, da die Insolvenzantragspflicht für Unternehmen während der Pandemie ausgesetzt worden ist.²⁰

Auch die durchschnittliche Betriebsgröße ist im betrachteten Zeitraum von 170 auf 165 Beschäftigte gesunken. Ein starker Rückgang der Betriebsgrößen nach 2008 weist auf die schwierige Wirtschaftssituation für das produzierende Gewerbe hin (Abbildung 4). Ein Großteil der Unternehmen in der Grob- und Feinkeramik sind kleine und mittlere Unternehmen, während nur ein geringer Anteil der Betriebe als großes Unternehmen klassifiziert werden kann.²¹ Die vergleichsweise geringe Anzahl der Unternehmen ist u. a. zurückzuführen auf die hohen Markteintrittsbarrieren durch hohe Fixkosten.²²

Abbildung 4: Entwicklung der Betriebe und Betriebsgrößen in der Keramikindustrie



Quelle: VDI TZ, nach: Destatis (2021). Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Tabelle 42111-0003. Anzahl der Betriebe auf der linken Achse, Werte der Betriebsgrößen auf der rechten Achse abgebildet.

¹⁸ Steinhaus & Kraft 2021.

¹⁹ Voß 2012.

²⁰ Bundesregierung 2021.

²¹ Steinhaus & Kraft 2021.

²² Sparkassen Finanzgruppe 2018.

2.4 Transformationspolitik

Investitionen

Die Investitionen in der Keramischen Industrie betragen 2019 in Deutschland etwa 800 Millionen Euro, wovon mehr als die Hälfte auf die Produktion von Zement, Kalk und gebranntem Gips entfiel (Abbildung 5). Unternehmen aus der Herstellung von sonstigem Porzellan und keramischen Erzeugnissen sowie der Produktion von keramischen Bauteilen haben im gleichen Jahr Investitionen in Höhe von etwa 182 Millionen Euro bzw. 154 Millionen getätigt, während die Branche der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren Investitionsausgaben von etwa 51 Millionen Euro tätigte.

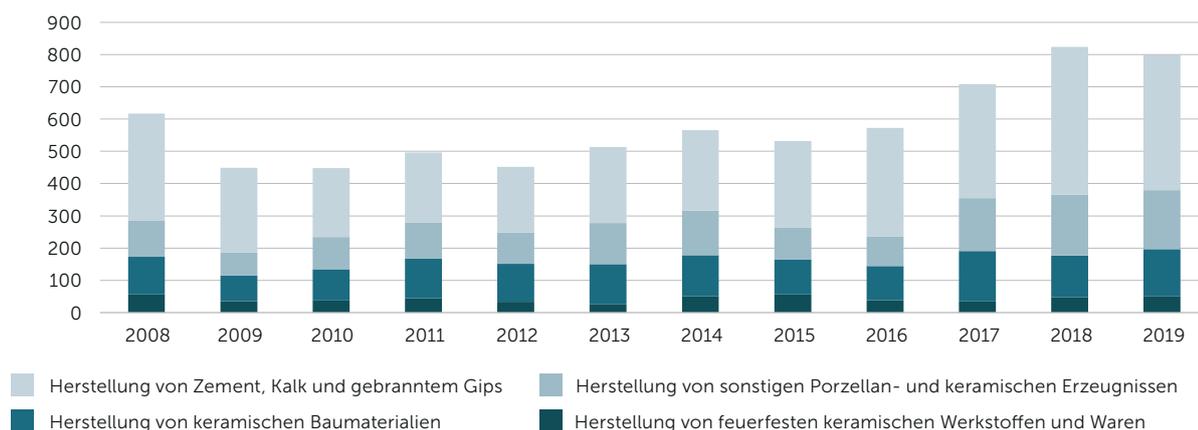
Im Jahr 2019 sind durchschnittlich 88,7 Prozent der Investitionen der Keramikindustrie für den Erwerb von Maschinen genutzt worden. Die prozentual höchsten Ausgaben für Maschinen (etwa 90,7 Prozent) wurden in der Feinkeramik getätigt, während die Investitionen in Maschinen in der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren etwa 84 Prozent der Gesamtinvestitionen ausmachte.²³ Die Keramikindustrie gilt insgesamt als kapitalintensiver Sektor mit langen Investitionszyklen, u. a. für die Anschaffung von Maschinen wie Öfen, die für den Brennvorgang benötigt werden. Im Durchschnitt beträgt die Amortisationsdauer von Keramikanlagen 30 bis 40 Jahre.²⁴ Langfristige Amortisationsdauern gehen jedoch mit der

Gefahr von Lock-in-Effekten einher. Werden Investitionen für Maschinen zu einem spezifischen Stand der Technik getätigt, ist es Unternehmen kaum möglich, zeitnah auf klimaneutralere Technologien umzusteigen, sobald diese den Markt erreichen. Dies würde mit einem hohen Kapitalverlust einhergehen bzw. zu einer „frühzeitigen Entwertung des Kapitalstocks“ (sog. stranded Investments) führen. Es liegt eine Pfadabhängigkeit vor, aus der die Unternehmen nur bedingt austreten können. Diese Abhängigkeiten führen jedoch dazu, dass sich klimaneutralere Technologien in der Industrie nur langsam durchsetzen können.²⁵

Innovationen

Im Jahr 2018 betrug die Innovatorenquote²⁶ in der Branche der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden 61,2 Prozent und liegt somit unterhalb des Durchschnitts des Gesamtverarbeitenden Gewerbes, der 64,6 Prozent beträgt.²⁷ Die laufenden Innovationsausgaben für das Jahr 2019 beliefen sich dagegen auf 0,8 Milliarden Euro, was etwa 0,88 Prozent der Gesamtinnovationsausgaben des Verarbeitenden Gewerbes entspricht (Abbildung 6). Der prozentuale Anteil der Innovationsausgaben beispielsweise aus der Gummi- und Kunststoffverarbeitenden Industrie am Verarbeitenden Gewerbe beträgt für den gleichen Zeitraum etwa 1,77 Prozent.²⁸ Zwischen 2006 und 2019 hat

Abbildung 5: Investitionen in der Keramikindustrie, in Mio. Euro



Quelle: VDI TZ, nach: Destatis (2021): Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (2-/3-/4-Steller). Investitionserhebung im Verarbeitenden Gewerbe, Bergbau. Deutschland. Unternehmen.

²³ Destatis.de 2021.

²⁴ Cerame-Unie 2013.

²⁵ Lutz, Becker und Lehr 2018.

²⁶ Die Innovatorenquote stellt den prozentualen Anteil der Unternehmen mit Innovationen im Produkt- oder Prozessbereich als Anteil aller Unternehmen dar. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 01/2020a.

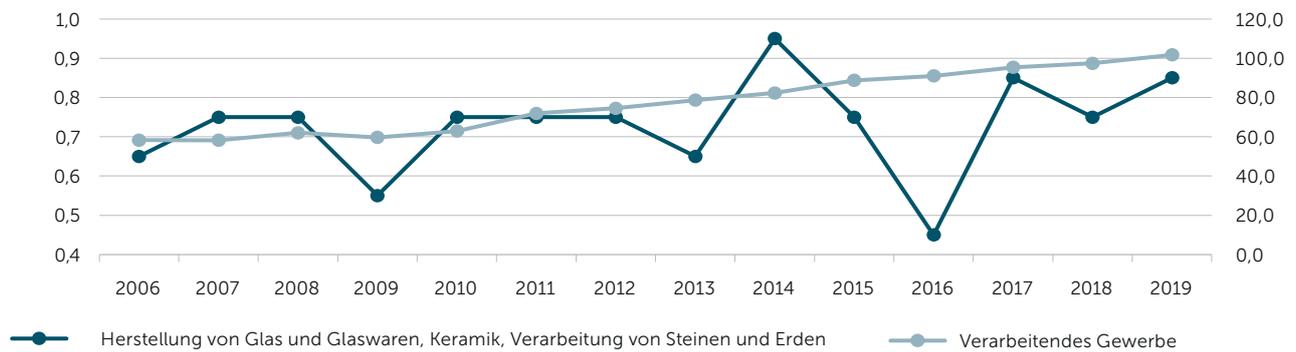
²⁷ Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 01/2020a.

²⁸ Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 02/2021c.

die Keramikindustrie der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik und der Verarbeitung von Steinen und Erden durchschnittlich etwa 0,68 Milliarden Euro für Innovationsaktivitäten ausgegeben. Mit Ausnahme von negativen Ausreißern in den Jahren 2009 und 2016 zeigt die Branche dabei einen leicht positiven Trend, ähnlich dem Trend der Verarbeitenden Industrie.

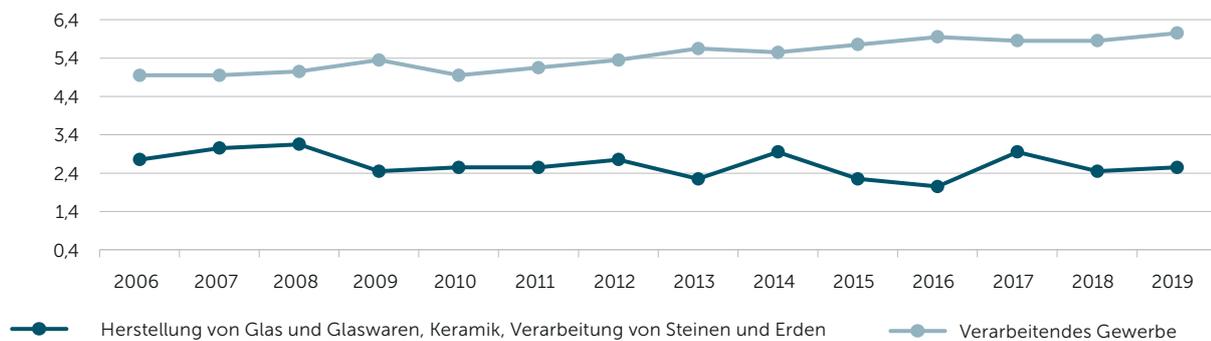
Die Innovationsintensität²⁹ in der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik und Verarbeitung von Steinen und Erden betrug im Jahr 2019 etwa 2,5 Prozent. Im Verarbeitenden Gewerbe betrug diese im gleichen Zeitraum 6,0 Prozent (Abbildung 7). Zwischen 2006 und 2019 betrug die Innovationsintensität dabei durchschnittlich etwa 2,57 Prozent und verzeichnete im Gegensatz zum Verarbeitenden Gewerbe einen leicht negativen Trend.

Abbildung 6: Innovationsausgaben in der Keramikindustrie und im Verarbeitenden Gewerbe, in Mrd. Euro



Quelle: VDI TZ, nach: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (02/2021b). Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden auf der linken Achse, Verarbeitendes Gewerbe auf der rechten Achse abgebildet.

Abbildung 7: Innovationsintensität in der Keramikindustrie und im Verarbeitenden Gewerbe, in Prozent



Quelle: VDI TZ, nach: Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (02/2021b).

²⁹ Die Innovationsintensität wird berechnet als prozentuale Ausgaben für Innovationen im Verhältnis zum Umsatz. Vgl. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 02/2021b.

2.5 Zwischenfazit Branchenstrukturen

- Im europäischen Vergleich hat die deutsche Keramikindustrie zusammen mit Spanien und Italien eine führende Rolle inne. Aber auch innerhalb Deutschlands existiert eine starke räumliche Konzentration (z. B. in Bayern). Die Branche ist mit einem Anteil von 25 Prozent stark exportorientiert aufgestellt, wobei die Teilbranchen der Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips und der Feinkeramik die umsatzstärksten Branchen darstellen. Ein Vergleich der Umsätze pro Beschäftigten deutet daraufhin, dass die Produktion von feinkeramischen Produkten deutlich arbeitsintensiver ist als die Herstellung von Zement, Kalk und Gips. Auch der durchschnittliche Lohn je Beschäftigten ist in der Feinkeramik deutlich geringer als in der Herstellung von Kalk, Zement und Gips. Mitarbeitende in den Teilbranchen der Feinkeramik erzielten dabei etwa durchschnittliche Löhne.
- Die Anzahl der Betriebe hat sich im Nachgang zur Finanzkrise 2009 stark reduziert und ist seit etwa 2014 weitestgehend stabil. Einigen international tätigen Großunternehmen steht eine Vielzahl von kleinen und mittelständischen Unternehmen gegenüber. Insgesamt ist die Keramikindustrie sehr kapitalintensiv und geprägt von langen Investitionszyklen. Die Innovationsintensität und die Innovatorenquote liegen in der Branche im Gesamtzeitraum seit 2006, insbesondere bei der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden, unterhalb des Durchschnitts des Verarbeitenden Gewerbes, was auf eine vergleichsweise geringe Investitionstätigkeit der Branche hindeutet.

3

3. Transformationstrends: Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel, Corona

Die Keramische Industrie befindet sich zweifelsohne inmitten einer tiefgreifenden Transformation. Die Verbreitung digitalisierter Prozesse bietet – neben Vorteilen wie der Effizienzsteigerung und Ressourcenschonung – Herausforderungen im Kontext von Fachkräftesicherung und Investitionskosten. Neben der Digitalisierung werden im vorliegenden Branchenausblick Aspekte der Internationalisierung von Märkten und Unternehmen sowie die Globalisierung von Wertschöpfungsketten diskutiert. Produktions- und Forschungs- und Entwicklungsstandorte werden häufiger an ausländischen Standorten angesiedelt, was sich ebenfalls auf Mitbestimmungsfragen und Innovationsdynamiken auswirkt. Zudem wandeln sich neben technischen Möglichkeiten auch die Bedarfe an und von Arbeitnehmer*innen innerhalb der Keramischen Industrie. Insbesondere in einer Branche, die auf eine lange Tradition zurückblicken kann und gleichzeitig eine hohe Technisierung erfährt, sind die Anforderungen an die Beschäftigten einem stetigen Wandel ausgesetzt. Als auf diese Dynamik einwirkende Komponente der Transformation spielt der demografische Wandel eine relevante Rolle in der Art und Weise, wie sich Qualifizierung, Arbeitsumgebungen und Bildungsmöglichkeiten künftig entwickeln werden. Abschließend wird im vorliegenden Branchenausblick die Corona-Pandemie kurz in den Blick genommen, die als global einschneidendes Ereignis Investitionsstrukturen hinterfragt, Lieferketten auf die Probe stellt und sich auf die Arbeitsorganisation in der Industrie auswirkt.

3.1 Digitalisierung

In einer heterogenen Branche wie der Keramikindustrie gilt es auch, den Aspekt der Digitalisierung innerhalb der Branche differenziert zu betrachten. Die digitale Transformation kann grundlegende Abläufe in Industrieunternehmen hinterfragen und sich auf alle Bereiche von der Produktion und Serviceleistungen über die Forschung und Entwicklung auf die Verwaltung und das Marketing auswirken. Cerame-Unie, die Europäische Gesellschaft der Keramischen Industrie, stellt in ihrem Branchenausblick die Möglichkeiten und Anwendungs-

felder der Technischen Keramik dar, die sich in vielen High-Tech-Produkten als Komponenten wiederfinden.³⁰ Darunter fallen vor allem Konzepte und Anwendungen der Technischen Keramik, die beispielsweise als Kühlkörper in der Hochleistungselektronik oder im Kontext der Piezokeramiken in elektromechanischen Wandlern der Signal- und Datenverarbeitung eingesetzt werden. Daran wird deutlich, dass sich keramische Komponenten in einer Vielzahl hoch digitalisierter Industriesektoren wiederfinden.

In einer aktuellen Publikation bietet der Gemeinschaftsausschuss „Hochleistungskeramik“ der Deutschen Keramischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde eine Übersicht über den Stand der Digitalisierung in der Keramischen Industrie.³¹ Herstellungsprozesse weisen mehrere Unterschiede zu üblichen Fertigungs- und Produktionsprozessen auf, wie sie in anderen Branchen und Werkstoffgruppen anzutreffen sind. Darunter fällt die hohe Komplexität der Gesamtsteuerung von Fertigungen, da die Herstellung von keramischen Produkten aus einer Vielzahl an Einzelprozessen besteht. Weiterhin kann erst gegen Ende der Produktionskette eine aussagekräftige Qualitätskontrolle durchgeführt werden, weil die Keramik erst spät ihre endgültige Form annimmt. Ein zusätzlicher Aspekt betrifft die Qualitätsmessungen selbst, die ebenfalls hoch komplex sind und sich in der Regel nicht mit gängigen Verfahren und Verteilungen aus der mechanischen Fertigung vergleichen lassen. Dies bedeutet, dass in der Keramischen Industrie Prozesse der manuellen Prüfungen und des menschlich-individuellen Ermessens der Automatisierung und Digitalisierung von Vorgängen bislang oftmals vorzuziehen waren.

In einer Umfrage des Gemeinschaftsausschusses, an der 25 Unternehmen der Branche teilnahmen, wurde darum gebeten, den eigenen Grad an Digitalisierung abzuschätzen. Gut die Hälfte der Betriebe sieht sich „vereinzelt“ digitalisiert, während knapp ein Drittel bereits „umfangreich“ digitale Prozesse in die Betriebsstrukturen einsetzen konnte. Je vier Prozent sehen sich „vollumfänglich“ bzw. „durchgängig vernetzt“ und sieben Prozent sehen sich als ledig-

³⁰ Cerame-Unie 2013.

³¹ Eichler et al. 2021.

lich „gering“ digitalisiert. Die Anwendungsgebiete beziehen sich dabei vor allem auf die Geschäftsbereiche Datenerfassung, Dokumentation und Kundenmanagement. Hier findet sich die bereits angesprochene Heterogenität der Branche wieder. Die Frage nach dem erhofften Nutzen der Digitalisierung ergab ein ebenso diverses Antwortspektrum. Knapp 50 Prozent der 25 Unternehmen versprechen sich eine Effizienzsteigerung, während 18 Prozent bzw. 16 Prozent Kostensenkung und Wettbewerbsvorteile als Hauptmotivation angaben. 13 Prozent sehen den größten Nutzen in einer potenziellen Produktindividualität. Des Weiteren zeigt die Studie, dass sich der Einsatz digitaler Lösungen und Werkzeuge bislang tendenziell auf einfachere Berechnungen und vereinzelte Simulationen begrenzt.³² Generell werden zurzeit nur einzelne Prozessschritte digital begleitet, ausgewertet oder gesteuert. Ganze Wirkungs- und Wertschöpfungsketten stehen bislang nicht im Fokus und können noch nicht umfangreich (beispielsweise in Form sogenannter digitaler Zwillinge in der Komponentenentwicklung) abgebildet werden. Dafür sind oftmals speziell angefertigte Programme und Softwarearchitekturen notwendig, die entweder noch nicht existieren oder nicht flächendeckend in die eher traditionell geprägten Betriebe durchgedrungen sind. Beispiele finden sich weiterhin in den Bereichen „Internet der Dinge“ (IoT)³³ oder Robotik³⁴. Beides sind Teilaspekte der künftigen Entwicklungen, die ineinandergreifen werden, sowohl auf Software- wie auch auf Hardwareseite. Daher ist es möglich, dass die Rolle der Beschäftigten sich viel mehr in die Richtung unterstützender und überwachender Tätigkeiten wandeln könnte. Einer Analyse zweier Keramikunternehmen im Rahmen von Fallstudien nach werden sich benötigte Kompetenzen voraussichtlich stärker in Richtung Aufgabenflexibilität und Systemverständnis entwickeln, während die Nachfrage nach manueller Einfacharbeit abnehmen wird.³⁵

Ein innovativer Zweig bzw. eine vielbeachtete Technologie innerhalb der Keramischen Industrie ist der 3-D-Druck bzw. die additive Fertigung. Der additiven Fertigung, bei der viele dünne Schichten eines Materials oder verschiedener Stoffe (multimaterial) übereinandergelegt werden, kommt in der Technischen Keramik eine immer größer werdende Bedeutung zu. So ist es möglich, besonders effizient hochkomplexe und detailreiche dreidimensionale Objekte zu schaffen. Wie viele weitere innovative Technologien sind Anlagen im Bereich des 3-D-Drucks in ein System im Zusammenspiel von Software und Hard-

ware unterschiedlichster Art eingebettet. Daher kann auch die additive Fertigung von keramischen Produkten unter dem Fokus der Digitalisierung und der Automatisierung betrachtet werden. Insbesondere in den vergangenen Jahren waren Durchbrüche und Innovationen auf diesem Gebiet zu verzeichnen. Die gefertigten Produkte sind als Kleinbauteile in sehr unterschiedlichen Anwendungsgebieten anzutreffen, wie in der Zahnmedizin, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronik oder anderen Bereichen Bereiche im Maschinen- und Anlagenbau.³⁶ Als digitale Herstellungstechnik zur Prototypenherstellung hat die additive Fertigung mittlerweile eine breite Masse der Keramikunternehmen erreicht und wird mit hoher Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren noch stärker in den Vordergrund des Interesses rücken.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: In Zukunft wird in der Branche intensiver ganzheitlich gedacht, und zwar in Form der Vernetzung von zurzeit noch einzeln betrachteten Prozessschritten hin zu einer optimierten Abfolge von ineinandergreifenden Vorgängen. Diese werden heute noch vorwiegend manuell begutachtet und optimiert, besonders in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Speziell entwickelte Softwarelösungen, die zur Verbesserung der Prozesseffizienz und Qualitätskontrolle eingesetzt werden können, erleben einen Anstieg und werden bis zum Jahr 2030 auch in vielen kleinen, bodenständigen Betrieben angekommen sein. Dann wird es darauf ankommen, die Beschäftigten mit den neuen Fertigungs-, Überwachungs- und Simulationstechnologien vertraut zu machen, da das Wissen um den Umgang mit der Technik essenziell für den Unternehmenserfolg sein wird. Nur wenn die Kenntnisse nicht bei lediglich sehr wenigen Fachleuten vorhanden sind, kann die Transformation für die Branche zukunftsgerecht gestaltet werden.

3.2 Globalisierung

Viele Industrien bauen ihre Kapazitäten sowohl auf Produktionsseite als auch im Bereich Forschung und Entwicklung sowie Vertrieb auf internationalem Gebiet aus. Diese Globalisierungstendenzen führen zu einer Veränderung in den Wertschöpfungsketten, die wiederum in ihrer Komplexität steigen und sich damit neuen Herausforderungen gegenübergestellt sehen. Die Internationalisierung schreitet bereits seit einigen Jahren stark voran. Deutsche Industrieunternehmen konnten seit 1995 einen größeren ausländischen Beschäftigungszuwachs verzeichnen als etwa US-amerikanische Unternehmen.³⁷

³² Eichler et al. 2021.

³³ Jumo GmbH 2021.

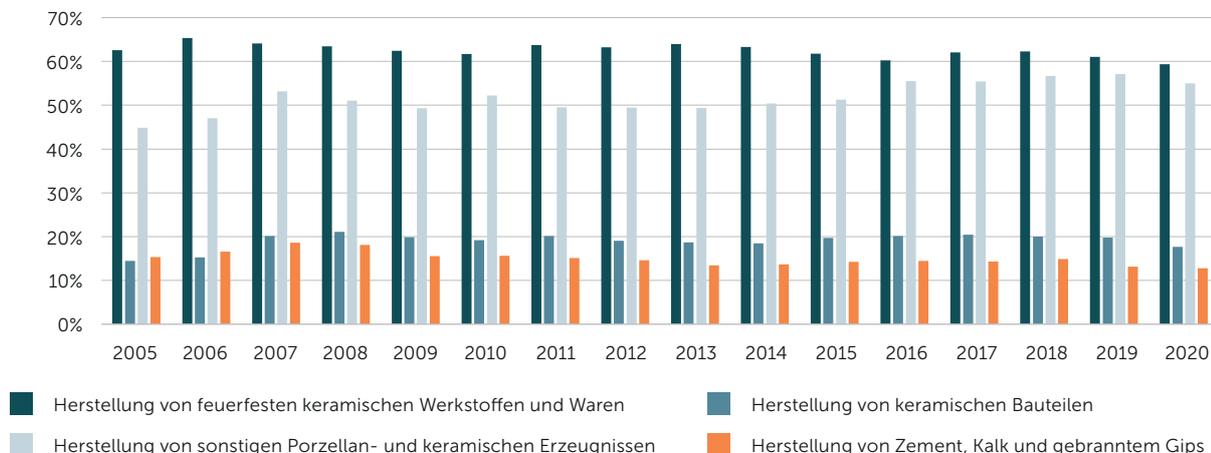
³⁴ Keramische Zeitschrift 2020.

³⁵ Krug & Reuß 2017.

³⁶ Kollenberg & Nikolay 2017.

³⁷ Belitz 2015.

Abbildung 8: Anteil Auslandsumsatz am Gesamtumsatz nach Sektor



Quelle: VDI TZ, nach: Destatis (2021): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe. Tabelle 42111-0003.

Im Fall Deutschlands ist dies nur geringfügig mit Stellenabbau an Standorten im Inland zusammenhängend. Daher sind Kostenaspekte bei der Internationalisierung oftmals zweitrangig. Motive sind dagegen meist die Nähe zu Zielmärkten, das Wachstumspotential im Ausland oder das dort vorhandene Know-how.

Die Keramikindustrie ist auch im Hinblick auf Globalisierungseinflüsse differenziert zu betrachten. Insgesamt hat sich der Anteil des im Ausland erwirtschafteten Umsatzes in den vergangenen 15 Jahren nicht signifikant verändert. In Abbildung 8 wird der Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz für die jeweiligen Branchen und über den Verlauf der vergangenen 15 Jahre dargestellt. Es wird deutlich, dass besonders industriell benötigte, feuerfeste Keramikerzeugnisse, die zum Großteil in den Eisen-, Stahl- und Chemieindustrien zum Einsatz kommen, im Ausland umgesetzt werden. Daneben spielt der ausländische Markt auch für die Produktion von Haushaltswaren, Sanitärkeramik und der Technischen Keramik eine zentrale Rolle. Keramische Erzeugnisse im Bereich des Bausektors, worunter auch Zement, Kalk und Gips fallen, werden größtenteils auf dem Heimatmarkt umgesetzt.

Darüber hinaus stehen deutsche Keramikunternehmen vor allem in einem intensiven europäischen Wettbewerb.³⁸ Der Weltmarktanteil wird für das Jahr 2018 mit 2,8 Prozent angegeben. Die Produktion der EU-27-Staaten repräsentierte 2013 23 Prozent der weltweiten Produktion.³⁹ Keramische Haushaltswaren werden

in Europa neben Deutschland vor allem im Vereinigten Königreich und den Niederlanden angefertigt. Im Bereich der Technischen Keramik ist zudem Frankreich ein starker Wettbewerber. Weiterhin werden keramische Fliesen vorrangig in Italien und Spanien hergestellt.⁴⁰ Global gesehen nehmen Schwellenländer, insbesondere China und Länder Südostasiens, an Bedeutung zu, was sich an deren wachsendem Anteil an der globalen Ausfuhr erkennen lässt.⁴¹ Globalisierte Wertschöpfungsketten und die Internationalisierung von Märkten stellen die deutsche Keramikindustrie vor Herausforderungen. Markteintrittsbarrieren, wie die zu Beginn hohe Investitions- und Kapitalintensität oder die notwendigen fachspezifischen Kenntnisse in der Produktion, stellen für kleine Betriebe teils nicht bzw. kaum überwindbare Hürden in der Expansion dar. Ferner nimmt die Polarisierung zwischen hochpreisigen Qualitätsprodukten und niedrigpreisigen Massenprodukten, oft importiert aus osteuropäischen Ländern und China, weiter zu.⁴² Dies führt die in Deutschland ansässigen Unternehmen in einen verschärften Wettbewerb. Zudem wächst Druck durch Plagiate und Importe sowie international agierende Großkonzerne. Als relevanter Zukunftsmarkt gewinnt China für deutsche Unternehmen an Bedeutung. Beispielsweise hat das Hanauer Technologieunternehmen Heraeus Electronics, Experte für Metall-Keramik-Substrate, 2019 ein neues Innovationszentrum in Shanghai eröffnet. So sollen neue Kunden gewonnen und es soll näher am Zielmarkt geforscht, entwickelt und beraten werden.⁴³

³⁸ Voß 2012.

³⁹ Cerame-Unie 2013.

⁴⁰ Steinhaus & Kraft 2021.

⁴¹ Böhmer et al. 2016.

⁴² Sparkassen Finanzgruppe 2018.

⁴³ Keramische Zeitschrift 2019b.

Der europäische Industrieverband Cerame-Unie fordert in seinem Fahrplan (Roadmap) ins Jahr 2050 eine „wirkungsvolle Handelspolitik“⁴⁴, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Keramikindustrien zu sichern. Insbesondere mit Blick auf ansteigende Preise für Rohstoffe aus Asien, die für viele Produkte des Keramiksektors unentbehrlich seien, benötige es Maßnahmen zur Beseitigung von Handelshemmnissen. Es komme darauf an, geistige Eigentumsrechte effektiv zu schützen, den Massenimport von Fälschungen und subventionierte bzw. zu Dumpingpreisen eingeführte Produkte zu verhindern. Benachteiligungen entstehen laut Cerame-Unie ebenfalls aufgrund von ungerechten Handelsmaßnahmen von Drittländern wie Exportsteuern und begrenzte Exportkontingente, die EU-Importeure erheblich einschränken.

3.3 Demografischer Wandel und Fachkräftesicherung

Der demografische Wandel ist auch in der Keramischen Industrie klar sichtbar. Sich verändernde Interessen und Bedürfnisse junger Menschen bergen für die Branche ebenso Herausforderungen wie im Allgemeinen die alternde Bevölkerung. Laut einer Statistik aus dem Jahr 2019 sind die Beschäftigten der Keramischen Industrie überdurchschnittlich alt. 63,8 Prozent befinden sich in der Altersgruppe zwischen 25 und 55 Jahren, während die 55- bis 65-Jährigen 27,6 Prozent ausmachen. Lediglich 7,9 Prozent sind industrieweit jünger als 25 Jahre.⁴⁵ Auch aus der Industrie selbst wurde bereits über einen Rückgang an Auszubildenden innerhalb der letzten 20 Jahre berichtet. Zum Beispiel sei dies deutlich im Bereich des Fliesengroßhandels, in dem die Ausbildungsabschlüsse und die Anzahl der Meisterprüfungen konstant zurückgegangen seien.⁴⁶ Laut der Vergütungsstatistik des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) verdient ein*e sich in Ausbildung befindende*r Industriekeramiker*in im Durchschnitt 869 Euro pro Monat. Dies liegt nur geringfügig unter dem mittleren Ausbildungslohn in den tariflichen Ausbildungsberufen von 914 Euro (Stand 2018) und kann einen Rückgang der Auszubildenden nicht hinlänglich erklären.⁴⁷ Dabei hat der Bedarf an Fachkräften stetig zugenommen, um die zunehmende Automatisierung aus personaltechnischer Sicht in den Betrieben bewältigen zu können. Dazu zählen neben Facharbeiter*innen mit Meistergrad (nach Ausbildung zum/zur Industriekeramiker*in oder Keramikgestalter*in) in steigendem Maße akademisch

ausgebildete Fachkräfte, die an speziell ausgerichteten Hochschulen studiert haben. In der traditionsreichen Keramik-Region Westerwald bestehen am Campus Höhr-Grenzhausen der Hochschule Koblenz beispielsweise die Studiengänge Werkstofftechnik oder Freie Kunst mit dem Schwerpunkt Glas und Keramik. So können jeweils ingenieurwissenschaftliche oder künstlerisch-gestalterische Abschlüsse (Bachelor und Master of Engineering bzw. Bachelor und Master of Fine Arts) erlangt werden. Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass in vielen Segmenten der Industrie die Auftragsbücher ab dem Jahr 2022 wieder voller werden, weshalb der Personalengpass zügig anzugehen ist. Expert*innen sehen aktuell nicht nur im Bereich der Fachkräfte in der Fertigung Herausforderungen, geeigneten Nachwuchs zu finden.⁴⁸ Dies gilt aus deren Sicht ebenfalls in der Forschung. Strukturierte Nachwuchsförderung und -anwerbung könnten helfen, den innovativen Charakter der Branche stärker zu kommunizieren und so passende Lösungen zu finden.

Die Industrie wird häufig mit als traditionell wahrgenommenen Produkten assoziiert, während das Wissen um den Einsatz von keramischen Bauteilen in der Hochtechnologie und anderen modernen technischen Bereichen weniger stark ausgeprägt ist.⁴⁹ Dies könnte an der geringeren Sichtbarkeit dieser Produkte liegen, die oftmals in technisch hoch komplexen Anlagen und Gegenständen verbaut und so für das bloße Auge unsichtbar sind. Produkte in den Bereichen der Bau- und Sanitärkeramik stellen dagegen einen festen Bestandteil im Alltag der meisten Menschen dar und prägen so die allgemeine Wahrnehmung. Daher scheint es möglich, dass das Bild der Branche als Arbeitgeber bei jungen Menschen als weitaus weniger differenziert wirkt, als die Industrie tatsächlich ist. Weiterhin könnte die Attraktivität der Branche zum Teil mit den Arbeitsbedingungen zusammenhängen. Aufgrund der hohen Heterogenität der Tätigkeiten und Einsatzgebiete unterscheiden diese sich in den Teilsegmenten der Industrie. Während beispielsweise in der Produktion von Grobkeramik hohe Temperaturen und schwere körperliche Arbeit üblich sind, sind viele Berufsfelder in der Technischen Keramik durch rein technologische Kenntnisse und IT-Wissen geprägt. Künftig wird eine weitere Herausforderung darin bestehen, die durch lang gelebte Traditionen angehäuften Wissensbestände an kommende Generationen weiter-

⁴⁴ Cerame-Unie 2013.

⁴⁵ Steinhaus & Kraft 2021.

⁴⁶ Schanze 2018.

⁴⁷ Wenzelmann & Schönfeld 2020.

⁴⁸ Buchholz 2020.

⁴⁹ Krug & Reuß 2017.

zugeben.⁵⁰ Um dies in Einklang mit sich verändernden Anforderungen rund um Digitalisierung und Automatisierung zu bringen, gilt es, Fachkräfte zu halten und als Arbeitgeber durch weitreichende Möglichkeiten zu Fort- und Weiterbildungen im Wettbewerb herauszustechen. Des Weiteren wird diskutiert, wie digitale Anwendungen zum Wissenserhalt beim Ausscheiden älterer Teile der Belegschaft beitragen können.⁵¹ Besonders in der Produktion werden Konzepte wie ein effektiver Gesundheitsschutz und flexiblere Schichtmodelle wichtiger werden, um neue Arbeitnehmer*innen gewinnen zu können und die bestehende Belegschaft so gut es geht zu unterstützen. Um neue Formen der Arbeit und innovative Prozesslösungen etablieren zu können, bedarf es einer engen Zusammenarbeit mit Arbeitnehmervertretungen.⁵² Diese sind oftmals in der Lage, Räume für Diskussionen über innovative Ansätze zu schaffen und für innovationsfördernde Rahmenbedingungen sowohl auf Arbeitnehmer- als auch Arbeitgeberseite zu sensibilisieren.

Die demografische Entwicklung Deutschlands wird sich auch in Zukunft unterschiedlich auf die Keramische Industrie auswirken. So könnte der Bedarf an Sanitärkeramik und keramische Komponenten für die Medizintechnik durch die Alterung der Gesellschaft weiter an Schwung gewinnen. Bereits im Jahr 2020 konnte der Bereich der Sanitärkeramik innerhalb der Branche die größten Umsatzzuwächse generieren, auch bedingt durch die Corona-Pandemie.⁵³ Andere Produkte, wie lokal hergestelltes Porzellangeschirr, könnten in der Zukunft von jüngeren Generationen weniger nachgefragt werden. Weiterhin kann in der Grobkeramik durch den anhaltenden Bauboom und dem entsprechend großen Bedarf nach Baumaterialien sowie das Wachstum an Single-Haushalten eine positive Marktentwicklung erwartet werden.⁵⁴

3.4 Corona-Pandemie und Klimazieleverschärfung

Aufgrund der Corona-Pandemie sieht sich auch die Keramische Industrie mit diversen Herausforderungen konfrontiert. Der Verband der Keramischen Industrie legte im Mai 2020 eine gemeinsame Pressemitteilung innerhalb des Bündnisses Faire Energiewende vor, in der von starken Umsatzeinbußen im Zuge des ersten Lockdowns die Rede ist.⁵⁵ Insbesondere Geschirrhersteller

und Manufakturen, aber auch Automobilzulieferer waren von den Umsatzrückgängen betroffen. Um die Wettbewerbsfähigkeit weiterhin zu stärken und parallel die Klimaziele der Bundesregierung und der Europäischen Kommission im Blick zu behalten, fordert der Verband eine Senkung der Energiepreise und eine Entlastung bei der CO₂-Bepreisung für mittelständische Unternehmen. Die Vereinigung stehe hinter den europaweit vereinbarten Klimazielen. Jedoch müsse es primär darum gehen, in neue Technologien zu investieren und Industrieunternehmen in der Transformation hin zu einer emissionsneutralen Produktion zu unterstützen, damit die Wettbewerbsfähigkeit weiterhin gesichert und pandemiebedingte Verluste ausgeglichen werden können. Auch der Bundesverband der Keramischen Rohstoffe und Industriemineralien (BKRI) sieht eine vorzeitige Erhöhung der nationalen CO₂-Steuer kritisch. Das nationale Brennstoffemissionshandelsgesetz sieht vor, Sektoren, die nicht vom EU-ETS erfasst werden, Anreize zur Senkung der CO₂-Emissionen zu bieten. Beide Systeme setzen jeweils unterschiedlich an: Das EU-ETS dort, wo die Emissionen entstehen, und das nEHS bei den Sektoren, die die emissionsintensiven Brennstoffe in Umlauf bringen. Letztere geben die Kosten an die Verbraucher*innen (Privathaushalte und Industrie) weiter. So entstehende Mehrkosten seien laut BKRI für mittelständische Unternehmen nicht tragbar und Carbon Leakage, also die Verlagerung von emissionsintensiven Aktivitäten aufgrund internationaler Wettbewerbsnachteile, nicht vermeidbar.⁵⁶ Die Bundesregierung hat im März 2021 in einer Verordnung Maßnahmen festgelegt, wie Carbon Leakage in Folge des nEHS verhindert werden soll. So sollen Beihilfebeträge ausgezahlt werden, die sich nach der maßgeblichen Emissionsmenge, dem festgelegten Kompensationsgrad und dem jeweiligen Zertifikatspreis richten. Der Kompensationsgrad ist je nach Subsektor verschieden angelegt, in der Herstellung von Sanitärkeramik beträgt er beispielsweise 65 Prozent und in der Herstellung von Ziegeln und Baukeramik 95 Prozent. In einer Stellungnahme des Bundesverbandes Keramische Industrie wird die Verordnung, auch in Anbetracht einer erwartbaren Steigerung der Kosten pro Tonne CO₂ von 25 Euro (2021) auf 55–65 Euro (2026), kritisch betrachtet. Der Entlastungsausgleich liege je nach Subsektor in einem Bereich von durchschnittlich 50 Prozent, während das EU-ETS im Kontext des

⁵⁰ Ebd.

⁵¹ Eichler et al. 2021.

⁵² Voß 2012.

⁵³ Igbce.de 2021b.

⁵⁴ Sparkassen Finanzgruppe 2018.

⁵⁵ Bündnis Faire Energiewende 2020c.

⁵⁶ Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien e.V. 2021.

Erdgasgebrauchs einen Ausgleich von etwa 76 Prozent gewährt.⁵⁷ Dadurch ließen sich die Mehrkosten nicht durch die Unternehmen kompensieren, weshalb, auch aufgrund einer später erfolgenden Auszahlung, Liquiditätsengpässe und eine Abwanderung von Arbeitsplätzen ins Ausland erwartet werden können. Auch im europäischen Emissionshandelssystem sind Kostensteigerungen zu erwarten, beispielsweise durch anwachsende Zertifikatspreise. Weiterhin ist die künftige Anforderung zu erwarten, eine kostenfreie Allokation von Zertifikaten nur unter der Bedingung zu gewähren, dass in einem gewissen Umfang Investitionen in energie- und emissionsreduzierenden Technologien getätigt werden. Besonders energieintensive Prozesse in der Industrie sind Brennpunkte, für die es zurzeit und in der mittelbaren Zukunft keine stetig zur Verfügung stehenden Alternativbrennstoffe zu Erdgas gibt.⁵⁸

2020 hat sich der Umsatz laut Statistischem Bundesamt je nach Sektor unterschiedlich entwickelt. Während im Bereich der Herstellung von Baumaterialien im Vergleich zum Vorjahr ein Umsatzplus zu verzeichnen war, haben die Feinkeramik und feuerfeste keramische Werkstoffe einen Umsatzrückgang zu vermelden gehabt. Die Corona-Pandemie konnte dem „Bau-Boom“ nur wenig anhaben. Vereinzelt lassen Meldungen von Unternehmen positive Trends erkennen, wie etwa von dem Keramikhersteller Villeroy & Boch, der im ersten Quartal 2021 eine Umsatzsteigerung von 22,5 Prozent im Vergleich zum Vorjahreszeitraum verzeichnen konnte.⁵⁹ Auch der Sanitärkeramikhersteller Duravit berichtet von einer guten Auftragslage, begründet durch die Vielzahl an privaten Investitionen in Bad und Küche, die sich in der Zeit der Corona-Pandemie viele Menschen vorgenommen haben. Negative Erfahrungen hat beispielsweise der Porzellanhersteller BHS tabletop gemacht. Als Zulieferer von Geschirr an Restaurants oder Kreuzfahrtunternehmen sind die Aufträge im Jahr 2020 eingebrochen. Entlassungen waren die Folge. Der Fliesenspezialist Deutsche Steinzeug musste ebenfalls Verluste verbuchen, vor allem aufgrund des eingebrochenen Exports.⁶⁰ Anhand dieser verschiedenen Auswirkungen lässt sich zusätzlich erkennen, wie differenziert die Branche ist und wie unterschiedlich globale Trends auf Unternehmenserfolg und -strategien wirken sowie Beschäftigtenverhältnisse beeinflussen können.

Das Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS bietet eine Übersicht über Forschungsvorhaben und Technologien, die mit Hilfe keramischer Werkstoffe zur Eindämmung des Corona-Virus beitragen.⁶¹ In einem der Projekte werden beispielsweise keramische Membranen entwickelt, die zentral für die Erzeugung reinen Sauerstoffs sind. Dezentrale Sauerstoffgeneratoren sollen in Krankenhäusern eingesetzt werden, um die Kapazität an Beatmungsplätzen zu erhöhen. Weiterhin wird in einem gemeinsamen Projekt von CoClean-up und dem Fraunhofer-Institut ITEM erforscht, wie elektrochemische Verfahrensweisen die Luft in geschlossenen Räumen desinfizieren und Viren dabei abtöten können. Als sogenannte Diffusoren werden keramische Bauteile genutzt. Zudem stehen am Fraunhofer IKTS (im Projekt TO-G) Anlagen in der Entwicklung, mittels Plasmadesinfektion medizinische Schutzkleidung wiederverwendbar zu machen. Bereits existierende Plasmaelektroden bestehen meist aus Metall oder Kunststoff und verschleifen vergleichsweise schnell. Mit Elektroden aus Keramik, die kostengünstig in einem Prozessschritt hergestellt werden, könnte so der Materialverbrauch sowohl auf Seiten der Desinfektionsanlagen als auch der Schutzkleidung erheblich reduziert werden. Zudem berichten diverse Unternehmen der Keramischen Industrie über weitere Innovationen, die zur Bekämpfung der Corona-Pandemie beitragen können. Ein Produkt der Italcer-Gruppe soll als innovative Keramikoberfläche antibakteriell und photokatalytisch⁶² wirken und so Viren aktiv bekämpfen können.⁶³ Ebenso hat ein von der Europäischen Union gefördertes international arbeitendes Projekt eine Nanotechnologieanwendung entwickelt, die Luftverschmutzung in Innenräumen beseitigt. Ähnlich wie im Projekt CoClean-up des Fraunhofer IKTS wird hier mit mikroporösen Keramikmembranen gearbeitet, die herkömmliche Luftpartikelfilter ersetzen könnten. Diese müssen häufig ausgetauscht werden, um weiterhin eine hohe Effizienz bieten zu können. Daher soll das aus dem Vorhaben entstandene Produkt nicht nur ein Beitrag zur Luftreinheit und Virenbekämpfung sein, sondern auch den Geräteabfall reduzieren.⁶⁴

⁵⁷ Bundesverband Keramische Industrie e.V. 2021.

⁵⁸ Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien e.V. 2021.

⁵⁹ Zeit.de 2021.

⁶⁰ Igbce.de 2021a.

⁶¹ Fraunhofer Institut für Keramische Technologie und Systeme IKTS o. J.

⁶² Damit wird die chemische Zersetzung organischer Stoffe durch bestimmte Oberflächenbeschichtungen bezeichnet.

⁶³ Rottstegge 2021.

⁶⁴ Cordis.europa.eu 2020.

3.5 Zwischenfazit Transformationstrends: Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel, Corona

- Die hier dargestellten Transformationstrends treffen auf die Keramische Industrie in unterschiedlicher Weise und in unterschiedlicher Intensität. Da sie eine heterogene Branche ist, werden sich diese Trends und Einflüsse je nach Branchensegment unterschiedlich auswirken. Die digitale Transformation und die Automatisierung von Produktions- und Planungsprozessen sind besonders in der Feinkeramik verbreitet und können die Bereiche Kostensenkung, Markteintritt und Qualitätskontrolle stärken. Auf betrieblicher Ebene benötigen neue Arbeitsstrukturen veränderte Qualifizierungsbedarfe und Weiterbildungsmöglichkeiten für die Beschäftigten. Besonders mit dem Blick auf die Branchenstruktur und den hohen Aufwand und die hohe Komplexität der Keramik-Herstellungsprozesse fordern diese Aufgaben enorme Aufmerksamkeit und Investitionen.

4

4. Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität

4.1 Dekarbonisierung der Keramikindustrie

Recycling und Kreislaufwirtschaft

Aufgrund ihrer Beschaffenheit sind keramische Werkstoffe sehr langlebig und besitzen daher eine hohe Nutzungsdauer, was sich positiv auf die Nachhaltigkeitsbilanz des Werkstoffes auswirkt. Darüber hinaus dienen keramische Produkte in einer Vielzahl von Anwendungen, wie beispielsweise im Bauwesen oder auch in der Automobilindustrie, als wichtiger Werkstoff. Am Ende der Nutzungsdauer lässt sich ein Großteil der keramischen Stoffe zur Wiedernutzung in der Keramikindustrie, aber auch in anderen Branchen, recyceln. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Reduktion des Rohstoffverbrauchs in der keramischen Industrie.⁶⁵

Auch während des Produktionsprozesses anfallende Rückstände oder Ausschusswaren können zu einem großen Teil wieder in den Produktionsprozess eingehen. Hierzu gehören sowohl rohe und bereits gebrannte Bruchstücke als auch Schlämme, die sich während der Wasch-, Schleif- oder Poliervorgänge ergeben. Bis zu 99,5 Prozent der so entstehenden Abfall- und Nebenprodukte werden für die Herstellung neuer Produkte in der Keramikindustrie wiederverwertet, was eine erhebliche Reduktion im Bedarf an neuen Rohstoffen wie Sand oder Ton (-erde) fördert.⁶⁶ Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass die Nutzung von Schlämmen und ungebrannten Scherben mit einem niedrigeren produktionstechnischen Aufwand verbunden ist als die Nutzung von bereits gebrannten Produkten. Um aus diesen Produkten nutzbare Sekundärrohstoffe zu gewinnen, bedarf es der Entwicklung eines Systems zur sortenreinen Trennung von keramischen Abfallstoffen.⁶⁷ Keramikprodukte, die sich nicht für eine Rückführung in den Keramikkreislauf eignen, werden häufig in anderen Industriebereichen wiederverwendet. So eignen sich beispielsweise Bruchstücke der Keramik nach Wiederaufbereitung als Sekundärrohstoffe für den Straßenbau.⁶⁸

Obwohl die Keramische Industrie bereits eine hohe Materialeffizienz ihrer Produkte gewährleistet und zum jetzigen Stand eine hohe Recyclingquote vorweisen kann, existieren dennoch regulatorische und technische Barrieren, die den weiteren Ausbau eines gezielten Kreislaufsystems bisher verhindern. Auf der technologischen Seite besteht derzeit noch kein ausreichend effizientes System zur Trennung und Sortierung von keramischen Werkstoffen. Dies ist aber insbesondere für das Recycling von gebrannten Produkten, beispielsweise bereits verwendete Dachziegel, notwendig. Es bedarf daher einheitlicher Regularien, die die Trennung und Sortierung der Stoffe schon beim Rückbau mit einbeziehen. Auch das Verbot einer nachträglichen Vermischung verschiedener Stoffe könnte sich positiv auf die Recyclingrate und somit die Nutzung von Sekundärrohstoffen auswirken. Aus Abbruch gewonnene mineralische Rohstoffe gelten hierzulande als Abfall. Durch diese Klassifikation dürfen die Stoffe ausschließlich unter Vorlage einer Genehmigung wieder in den Produktionsprozess eingebracht werden, was die Nutzung von Sekundärrohstoffen in der Keramikproduktion hemmt.⁶⁹ Darüber hinaus existieren Forderungen nach einer einheitlichen Definition und Anwendung sogenannter *End-of-Waste*- und Nebenprodukte in allen EU-Mitgliedsstaaten sowie nach einem Aufbau eines Marktes für Sekundärrohstoffe, der den Handel innerhalb des Binnenmarktes stärkt und so die Versorgung mit Sekundärrohstoffen effizienter gestaltet. Zudem werden die positiven Anreize für die Einführung in der Keramikindustrie als deutlich geringer wahrgenommen als die Kosten der Einführung eines vollumfänglichen Kreislaufsystems, was ein Hemmnis in der Etablierung eines solchen Systems darstellt.⁷⁰

Wasserverbrauch

Vor dem Hintergrund der jüngst veröffentlichten nationalen Wasserstrategie rückt auch die industrielle Wasserverwendung verstärkt in den Vordergrund. Ziel der Strategie ist, unter anderem eine zu hohe Nutzung der knappen

⁶⁵ Cerame-Unie 2013.

⁶⁶ Ceramica.info 2019.

⁶⁷ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und bmu.de 2018.

⁶⁸ Cerame-Unie 2013.

⁶⁹ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und bmu.de 2018.

⁷⁰ Janssen 2020.

Ressource Wasser zu vermeiden sowie Einbringer von Stoffen nach dem Verursacherprinzip in die Verpflichtung zu nehmen.⁷¹ Der Wasserverbrauch in der Branche der Glaswaren, Keramik, bearbeitete Steine und Erden hat im Jahr 2016 insgesamt etwa 3,4 Prozent des Wasserverbrauchs des Verarbeiteten Gewerbes ausgemacht und beläuft sich damit auf etwa 152,5 Millionen Kubikmeter Wasserverbrauch jährlich.⁷² Während des keramischen Produktionsprozesses wird Wasser für eine Vielzahl von Anwendungen benötigt, beispielsweise zum Mahlen der Rohstoffe, für die Glasur bestimmter Produkte sowie die Behandlung gebrannter Werkstoffe, aber auch als Wärmeträger oder als Reinigungsmittel. Häufig wird das Wasser in den Herstellungswerken mit Hilfe von Keramikfiltern wiederverwertet. Darüber hinaus werden auch Abwässer, die in produktionsbedingten Klärschlammern entstehen, dem Prozess wieder zugeführt. Um dem hohen Verbrauch von Frischwasser in der Keramikproduktion vorzubeugen, nutzen bereits heute viele der Keramikhersteller Regenwasser.⁷³

Das während des Mahlprozesses genutzte Wasser wird heutzutage bereits vollständig recycelt. Darüber hinaus nutzt die Branche auch Abwässer aus anderen Industrieanlagen für ihren Produktionsprozess, sodass der Wiederverwertungsfaktor mittlerweile 104 Prozent beträgt. Insgesamt konnten im Jahr 2015 etwa 70 Prozent des Wasserbedarfs in der deutschen Keramikindustrie durch recyceltes Abwasser gedeckt werden, was einer erheblichen Reduktion des Bedarfs an Frischwasser entspricht.⁷⁴ Neben der Wassereinsparung im Produktionsprozess der Keramik begünstigt die Weiterentwicklung keramischer Produkte insbesondere im Sanitärbereich eine Reduktion des Wasserverbrauchs vieler Haushalte.⁷⁵

Energieeffizienz und Emissionsreduktion

Die verschiedenen Teilbranchen der Grob- und Feinkeramik benötigen in Deutschland jährlich etwa 1,4 TWh Strom sowie 10 TWh Erdgas, Heizöl und Kohle zur Produktion der Keramik.⁷⁶ Etwa zwei Drittel des Endenergieverbrauchs der Branche werden hierbei für die Erzeugung von Prozesswärme für die Brennung in den Öfen genutzt, die im Hochtemperaturbereich betrieben werden.⁷⁷ Auf

die Primärenergienutzung umgerechnet bedeutet dies, dass über sieben Prozent der Gesamtnutzung in Deutschland auf Hochtemperaturprozesse über 1.000 °Celsius zur Herstellung von Produkten aus Keramik, Metall und Cermet⁷⁸ verwendet werden.⁷⁹ Der Energiebedarf der Keramischen Industrie wird dabei fast ausschließlich durch die Nutzung fossiler Brennstoffe gedeckt, da der Einsatz von erneuerbaren Energien im Hochtemperaturbereich derzeit nicht die gleiche Effizienz aufweist und Kostensteigerungen mit sich bringt. Dennoch gibt es einige Energieträger, wie Strom aus erneuerbaren Energien oder Bio- und Synthesegas, durch deren Anwendung der Anteil an fossilen Brennstoffen im Hochtemperaturbereich bereits reduziert werden könnte. Darüber hinaus führt der insgesamt hohe Energiebedarf der Industrie dazu, dass bereits geringe Ansätze zur Effizienzsteigerung ein hohes Maß an Gesamtenergieeinsparung bedingen.⁸⁰ Inwiefern dem hohen Energieaufkommen der Keramikindustrie mit Hilfe eines effizienten Spitzenlastmanagements entgegengewirkt werden kann, gilt es zukünftig noch zu klären. Einerseits führt ein gesteigerter Automatisierungsgrad in der Produktion zu effizienten und flexibleren Vorgängen. Andererseits ist die Keramikproduktion auf eine stabile und gleichbleibende Energieversorgung angewiesen, um die Qualität der Produkte zu gewährleisten.⁸¹

Die hohen Energieaufwände der Keramikindustrie gehen mit hohen Kosten für die Betriebe einher. Zudem führt der hohe Energiebedarf des Produktionsprozesses zu einem hohen Ausstoß von Treibhausgasemissionen. Im Jahr 2016 lag der Energieverbrauch in der Wirtschaftszugehörigkeitsklasse der Herstellung von Keramik und der Verarbeitung von Steinen und Erden bei 60.389 Terajoule bzw. 16,77 TWh, während der CO₂-Ausstoß der Branche im gleichen Jahr etwa 10,1 Millionen Tonnen betrug.⁸² Auf die keramikverarbeitende Industrie entfielen hiervon durch Energieversorgung und Produktionsprozesse etwa 3,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Dabei ist die Höhe der Emissionen in den einzelnen Teilbereichen der Keramikindustrie unterschiedlich stark verteilt. Insbesondere die Technische Keramik weist mit Emissionen in Höhe von bis zu fünf Tonnen CO₂-Äquivalenten einen deutlich höheren Ausstoß auf als beispielsweise die Erzeugung von

⁷¹ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2021b.

⁷² Umweltbundesamt 2021.

⁷³ Cerame-Unie 2013.

⁷⁴ Ceramica.info 2019.

⁷⁵ Cerame-Unie 2013.

⁷⁶ Hübner et al. 2021.

⁷⁷ Keramische Zeitschrift 2019a.

⁷⁸ Cermet ist ein Verbundwerkstoff aus keramischen Werkstoffen und metallischen Bindemitteln.

⁷⁹ Kremer 2018.

⁸⁰ Fuß et al. 2018.

⁸¹ Guminski et al. 2019.

⁸² Destatis 2020b. CO₂-Emissionen im In- und Ausland bei der Herstellung der Güter für den Konsum privater Haushalte 2016.

Ziegeln mit etwa 0,7 Tonnen CO₂-Äquivalenten.⁸³ Im Jahr 2017 entfielen auf die Glas- und Keramikindustrie Treibhausgasemissionen in Höhe von etwa 43,3 Millionen Tonnen, was in etwa 22,3 Prozent der Emissionen der Gesamtverarbeitenden Industrie entspricht. Ein Großteil der Gesamtemissionen wird hierbei durch den hohen Energieverbrauch (etwa 22,6 Millionen Tonnen CO₂) und die Produktionsprozesse (etwa 20,1 Millionen Tonnen CO₂) erzeugt.⁸⁴ Laut Deutscher Emissionshandelsstelle (DEHSt) haben die Emissionen der Keramikindustrie von Beginn der dritten Handelsperiode im Jahr 2013 bis zum Jahr 2020 um etwa zwölf Prozent abgenommen. So lagen die Werte seit 2014 bei einem Jahresemissionsgehalt von etwa zwei Millionen Tonnen Kohlendioxid. Im Jahr 2020 gab es eine Zuteilungsmenge an Zertifikaten in Höhe von 1.607 [1000 EUA, Emissionszertifikate], was bei einem Ausstoß von 1.878 Kilotonnen CO₂-Äquivalenten einem Ausstattungsgrad von 85,6 Prozent entspricht.⁸⁵ In der vierten Handelsperiode (2021–2030) soll der Wert der Zertifikate-Zuteilung jährlich um 2,2 Prozent sinken.⁸⁶

Ein Großteil der Emissionen ist zurückzuführen auf den Brennprozess während der Produktion. In der Keramikindustrie werden derzeit lediglich etwa zwölf Prozent des Brennvorganges über Strom abgedeckt, die übrigen 88 Prozent werden durch natürliches Gas bereitgestellt. Hierbei handelt es sich beinahe ausschließlich um Erdgas. Die Energieträgeranteile unterscheiden sich je nach Teilbranche jedoch stark. Die Möglichkeit zur Substitution von Erdgas ist am höchsten in der Teilbranche der Technischen Keramik (WZ08-2343/44/49), in der rund ein Viertel der eingesetzten Energiemenge durch Strom bereitgestellt wird. In den Teilbranchen der feuerfesten Werkstoffe und Waren (WZ08-2320), der Herstellung von Geschirr und Ziergegenständen (WZ08-2341) und der Sanitärkeramik (WZ08-2342) werden rund 15 Prozent der benötigten Energiemenge durch Strom bereitgestellt. Am geringsten ist die Substitutionsmöglichkeit in der Teilbranche der Herstellung von keramischen Baumaterialien (WZ08-233), wo zum jetzigen Stand lediglich zehn Prozent der benötigten Energiemenge durch Strom erbracht werden können.⁸⁷ Dies führt zudem dazu, dass insbesondere in Unternehmen im Bereich der Herstellung von keramischen Baumaterialien (WZ08-233) eine überdurchschnittlich hohe Kostenbelastung (etwa 10,2 Pro-

zent) entsteht, während diese in der Technischen Keramik (WZ08-234) und der Herstellung von feuerfesten Werkstoffen und Waren (WZ08-232) deutlich geringer ausfällt (3,3 bzw. 3,1 Prozent).⁸⁸ Der CO₂-Ausstoß je Produktionsmenge ist ebenso heterogen verteilt wie die Kostenbelastung der jeweiligen Teilbranchen. Am höchsten ist die Emissionsmenge je produzierter Ware in der Teilbranche der Technischen Keramik mit 5 Tonnen CO_{2e}/t, gefolgt von der Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen mit 1 Tonne CO_{2e}/t und der Herstellung von Ziegeln (0,7 Tonnen CO_{2e}/t) und Fliesen (0,2 Tonnen CO_{2e}/t).⁸⁹

Ogleich die Emissionen aufgrund des notwendigen Brennvorganges nicht gänzlich eliminiert werden können, kann eine effizientere Gestaltung des Brennvorganges erheblich zu ihrer Reduktion beitragen. Aufgrund des hohen Energieeinsatzes von Industrieöfen in der Keramikindustrie lassen sich bereits durch geringe Reduktionen in der Temperatur erhebliche Reduktionen durchführen. Um die eingesetzte Energiemenge auf ein notwendiges Mindestmaß zu beschränken, bedarf es intelligenter Mess- und Steuersysteme in den Öfen.⁹⁰ Bezug nehmend auf die Reduktion von Emissionen aus dem Energiebereich könnten mit Hilfe einer Umstellung der Energieversorgung von fossilen Energieträgern auf alternative Träger wie Synthese- oder Biogas oder den Betrieb mit Strom bereits CO₂-Emissionen eingespart werden. Allerdings geht eine Prognose der European Ceramic Industry Association (Cerame-Unie) aus dem Jahr 2013 davon aus, dass auch bei einer Umstellung der Hälfte aller Öfen auf Stromnutzung, während die andere Hälfte der Öfen auf Gas umgestellt wird, die Emissionsrückgänge im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 lediglich 78 Prozent betragen.⁹¹ Durch die Umstellung der Brennöfen von Festbrennstoffen auf die Befuerung mit Gas konnte bisweilen bereits ein hoher Anteil an CO₂-Ersparnissen erwirtschaftet werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von Verfahren zur Speicherung und Nutzung von CO₂ eine Reduktion der Emissionen zu erreichen. Gespeicherter Kohlenstoff könnte darüber hinaus als synthetischer Brennstoff in der Industrie wiederverwendet werden.⁹² Gegen dieses Verfahren spricht jedoch die geringe räumliche Dichte der Betriebe der Keramikverarbeitung, die den Transport des abgeschiedenen CO₂ zu einem hohen zusätzlichen Kos-

⁸³ Hübner et al. 2021.

⁸⁴ Steinhaus & Kraft 2021.

⁸⁵ Deutsche Emissionshandelsstelle 2021a.

⁸⁶ Deutsche Emissionshandelsstelle 2021b.

⁸⁷ Steinhaus & Kraft 2021.

⁸⁸ Ebd.

⁸⁹ Ebd.

⁹⁰ Europäische Kommission, o. J.

⁹¹ Cerame-Unie 2013.

⁹² Guminski et al. 2019.

tenfaktor für die Unternehmen entwickeln würde, was sich negativ auf ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Unternehmen auswirken kann.⁹³ Inwiefern die Verwendung von grünem Wasserstoff eine Alternative zur Reduktion der Emissionen in der Keramikindustrie darstellen kann, wird zurzeit unter anderem im Rahmen des „Orange.Bat“-Projektes in Spanien erprobt. Das Projektteam stellt grünen Wasserstoff mit Hilfe von Wind- und Solarenergie her. Der Wasserstoff soll anschließend zur Ergänzung der Elektrifizierung in der Keramikproduktion eingesetzt werden, indem er in Teilen Erdgas, das derzeit vornehmlich eingesetzt wird, ersetzen soll. Zusätzlich soll Sauerstoff, der bei der Spaltung von Wasserstoff aus Wasser freigesetzt wird, zu Heizzwecken für industrielle Zwecke verwendet werden können. Das Projekt soll nach dem derzeitigen Stand im Jahr 2024 in Betrieb genommen werden. Bei positiven Ergebnissen soll die Technologie anschließend auch in anderen Regionen zur Dekarbonisierung der Keramikindustrie beitragen.⁹⁴

4.2 Beispiele aus Anwendungs- und Forschungsfeldern

Das Brennen bzw. Sintern der Rohlinge benötigt bei der Herstellung von keramischen Werkstoffen über 80 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs aller Prozessschritte. „Brennen“ beschreibt eher den konkreten Ofenbetrieb, mit „Sintern“ sind die physiko-chemischen Reaktionen in den Rohlingen bei der Bildung des eigentlichen Keramikwerkstoffs gemeint.⁹⁵ In der deutschen Keramikindustrie wird vor allem Erdgas als fossiler Brennstoff verbrannt, nur bei der Herstellung Technischer Keramik liegt der Anteil elektrischer Energie bei 25 Prozent. Das Trocknen ist nach dem Brennen ebenfalls ein energieintensiver Prozessschritt. Häufig wird die Trocknungsanlage in einem Wärmeverbund mit dem Brenner betrieben, um dessen Abwärme zu nutzen.⁹⁶ Der Trocknungsprozess findet nach der Formgebung und vor dem Brennen bzw. Sintern statt.

Steigende Sintertemperaturen benötigen mehr Energie

Die Sintertemperaturen hängen zwar vom Keramikwerkstoff ab, haben sich aber im Lauf der Jahrzehnte tendenziell erhöht. Üblich sind kontinuierlich betriebene Gasöfen – Kanal- und Tunnelöfen, durch die das Brenngut gefahren wird – für Temperaturen zwischen 1.000 °C und 1.500 °C. Sie arbeiten mehrere Jahre ohne Unterbrechung. Für Porzellan sind 1.300 bis 1.450 °C Brenntemperatur nötig. Für Temperaturen von etwa 1.500 bis zu 2.000 °C kommen hauptsächlich diskontinuierlich arbei-

tende Kammeröfen infrage. Korund-Keramik, gesintert um 1.900 °C, wird für bioinerte Anwendungen genutzt, etwa Hüftgelenksimplantate. Sehr hohe Temperaturen von bis zu 2.200 °C aus elektrisch beheizten Öfen sind nötig für Siliziumkarbid-Keramik. Daraus werden seit Anfang des 20. Jahrhunderts Heizleiter für eben diese elektrischen Öfen gefertigt; im 21. Jahrhundert auch Substrate als mechanische Befestigung für Halbleiterelektronik. Seit einigen Jahren wird Siliziumkarbid (SiC) selbst als Halbleitermaterial in Serie produziert, wo es vor allem in der Leistungselektronik für die Steuerung großer elektrischer Ströme in Elektroautos oder Eisenbahnfahrzeugen vorteilhafte Eigenschaften hat.⁹⁷

Wegen der genannten äußerst hohen Temperaturen ist die Keramikindustrie eine energie- und emissionsintensive Branche, die von der Energiewende und dem internationalen Wettbewerb stark beeinflusst wird. Keramik als Werkstoff für verschiedenste Anwendungen ist ein umfassendes und weitgefächertes Forschungsthema, die Zahl der Projekte, die Klimabilanz in der Produktion zu verbessern und damit die Zukunftsfähigkeit der Branche in Deutschland und Europa zu sichern, ist eher überschaubar. Einige davon sind nachfolgend beschrieben.

Veränderungen der Energiebereitstellung bei Gas und Strom

Bei der Verwendung von Gasbrennern könnte ein höherer Methananteil aus regenerativen Quellen wie Biomasse eine Rolle spielen. Die geplante Einspeisung eines kleinen Prozentanteils Wasserstoff in bestehende Erdgasnetze könnte die Emissionen ebenfalls senken, wenn dieser Wasserstoff aus einer „grünen Stromquelle“ wie Windenergieanlagen über einen Elektrolyseprozess gewonnen würde. Nach Auswertung eines Vorprojekts befürchten die Hersteller negative Auswirkungen auf die Produktqualität und die Lebensdauer der Ofenauskleidungen. Das Zusammenspiel von Brenngaszusammensetzung, Brenner, Verbrennungsgasen und Brenngut ist komplex. Zudem sind zeitliche Schwankungen in der Zusammensetzung des Brenngases gerade für kontinuierliche Öfen kritisch.⁹⁸

Bei elektrischen Öfen können, wie in anderen Industriebranchen bereits üblich, Lastverschiebungen und der sog. Lastabwurf – also die zeitliche Verschiebung und das temporäre Abschalten des Energieverbrauchers – das Stromnetz entlasten und somit etwa die Verwendung fossiler erzeugten Stroms reduzieren helfen. Ein Bericht des

⁹³ Hübner et al. 2021.

⁹⁴ Wind Energy and Electric Vehicles Magazine 2021.

⁹⁵ Hülsenberg 2014.

⁹⁶ Guminski et al. 2019.

⁹⁷ Hülsenberg 2014.

⁹⁸ Guminski et al. 2019.

Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (FfE) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) konstatierte jedoch eine schlechte Forschungslage, sodass Flexibilitätspotenziale für die diskontinuierlichen Kammeröfen nicht ermittelt werden könnten. Die kontinuierlich betriebenen Öfen sind auf eine durchgängige und unterbrochene Energieversorgung angewiesen und kommen für Lastverschiebungen und -abwurf sowieso nicht in Betracht.⁹⁹ Unabhängig von diesen operativen Einschränkungen können elektrische Öfen schon heute durch den Bezug von Strom auserneuerbaren Energien emissionsarm, aber zu höheren Kosten betrieben werden, wie es auch für die ebenso energieintensive Glasindustrie gilt.¹⁰⁰

Netzwerk für neue Beheizungskonzepte

Da Thermoprozessanlagen nicht nur in der Keramik-, sondern eben auch in der Glas-, Stahl-, und Nicht-Eisenmetallindustrie unverzichtbar sind, startete die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik, im Jahr 2019 das Innovationsforum „Hybrid-Heating“. Es wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Initiative „Innovationsforen Mittelstand“ gefördert und soll den Aufbau eines interdisziplinären, überregionalen Netzwerks anstoßen, um neue, innovative Beheizungskonzepte für Industrieöfen vor dem Hintergrund der Energiewende umzusetzen.¹⁰¹ Die Förderung des Innovationsforums durch das BMBF ist zwar 2019 ausgelaufen, der Themenkomplex wird auf dem 3. Aachener Ofenbau- und Thermoprozess-Kolloquium im Herbst 2021 jedoch weiter gemeinsam behandelt werden.¹⁰²

Mikrowellentechnik

Vergleichbar mit Pkw mit Hybridantrieb in der Automobilbranche könnte auch in der Keramikindustrie die Teilelektrifizierung der Wärmezufuhr Kohlendioxid-Emissionen einsparen. Dabei sind weniger die klassischen, elektrischen Heizleiter interessant, sondern Mikrowellenöfen. Nach einer im Jahr 2018 durchgeführten experimentellen Untersuchung der Universität Magdeburg und des Ziegelinstituts Essen erfordert bei Tonziegeln abwechselnde Mikrowellenerwärmung und Trocknung durch herkömmliche Konvektion eine ausgefeilte Prozesskontrolle, die neben der Temperatur von weiteren Parametern abhängt,

um die Produktqualität zu sichern. Dennoch kann die Trocknungszeit und somit auch der Energiebedarf insgesamt verringert werden.¹⁰³ Dieses Ergebnis kann auch für die im Jahr 2020 durchgeführte Mikrowellentrocknung von Sanitärkeramiken gezeigt werden – wenn auch nur im Labormaßstab.¹⁰⁴ Für die Ziegelindustrie wird das Trocknen mit Mikrowellenstrahlung untersucht in einem Forschungsprojekt, das von 2020 bis Mitte 2022 läuft und betreut wird vom Institut für Ziegelforschung Essen e.V., der Universität Magdeburg und der Materialforschungs- und -prüfanstalt in Weimar. Ziel sind Berechnungsmodelle für eine Prozesssteuerung, die die sehr hohen Verdampfungsgeschwindigkeiten durch die Einstrahlung der Mikrowellen berücksichtigt, weil die entstehenden, hohen Dampfdrücke die Ziegelrohlinge rasch zerstören würden. Im Vergleich zu den üblichen Öfen mit Wärmekonvektion verkürzt die Mikrowellenstrahlung die Trocknungszeit und auch die benötigte Energiemenge.¹⁰⁵

Einzelmaßnahmen in der Porzellan-Produktion

Maßnahmen in der Produktion von Unternehmen wirken rascher als Laboruntersuchungen in der Forschung. Die Villeroy & Boch AG hat ihren Brennofen für Porzellan-Geschirr im Werk Merzig so optimiert, dass über die Jahre eine CO₂-Ersparnis von 4.200 Tonnen/Jahr erreicht wurde, bei einer Produktionsmenge von 4.700 t verkaufsfähiger Ware und 13.779 Tonnen direkten CO₂-Emissionen aus der Gasfeuerung im Jahr 2019. Die dazu notwendigen fünf Maßnahmen waren: Abwärmenutzung aus der Kühlzone zur Trocknung und Vorwärmung des Brenngutes, sodass zum Vorwärmen keine Fremdenergie mehr zugeführt werden muss; auch die Energie zur Luftvorwärmung des Heizgases wird teilweise aus der Kühlzone gewonnen; verbesserte Isolierung des Ofenkörpers; Umgestaltung der Ofenwagenkonstruktion; „energieentweichende Bereiche“ wurden mit keramische Schüttgut verfüllt.¹⁰⁶ Kann die Keramikproduktion generell vom Batteriegeließverfahren auf das Druckgussverfahren umgestellt werden, reduziert sich der Energieverbrauch für die Formgebung um 90 Prozent – jedoch bei erhöhtem Wasserbedarf.¹⁰⁷

Industrie 4.0 bei großer Hitze

Die Anwendung von typischen Industrie-4.0-Techniken könnte prinzipiell auch in Tunnelöfen helfen: Die Rückmeldungen des Zustands von Werkstücken an ein aktiv regel-

⁹⁹ Guminski et al. 2019.

¹⁰⁰ Schott AG 2021.

¹⁰¹ Salzen 2019.

¹⁰² Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik 2019.

¹⁰³ Vorhauer et al. 2019.

¹⁰⁴ Briest et al. 2021.

¹⁰⁵ Institut für Ziegelforschung Essen e.V. 2020a.

¹⁰⁶ Villeroy & Boch AG 2020b.

¹⁰⁷ Villeroy & Boch AG 2020a.

des Prozesskontrollsystem würde Energieeinsparungen unterstützen, ohne dass Bauteilrisse oder Sinterverzug auftreten, was die Ausschussrate reduzieren würde. Allerdings treten beim Brand von Sanitärkeramik Temperaturen über 1.000 °C auf, was herkömmliche Sensorik zerstören würde. Wie die Prozesssteuerung in Tunnelöfen dennoch digitalisiert werden kann, untersuchen Villeroy & Boch AG, Keramischer Ofenbau GmbH, Meprovision GmbH & Co. KG zusammen mit dem projektkoordinierenden Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth. Das Verbundprojekt „Energieeffiziente Hochtemperaturprozesse für große und geometrisch komplexe Bauteile“ (HTPgeox) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und läuft noch bis Mitte 2023. Neben einer Simulation des Bauteilverhaltens abhängig vom Temperaturverlauf im Ofen ist hierbei die industrielle Bildverarbeitung der Lösungsansatz, um den Zustand einzelner Stücke im Ofen verfolgen zu können. Die experimentellen Ergebnisse werden auf das Energieeinsparpotenzial schließen lassen.¹⁰⁸

Optimierungen bei der Ziegelherstellung

Welche energieauswirkenden Maßnahmen bei einem Tunnelofen für die Ziegelherstellung möglich sind, zeigte ein Gemeinschaftsprojekt des Instituts für Ziegelforschung (IZF), des Gas-Wärmeinstituts (GWI), der Firma Lingl und des Ziegelwerks Bellenberg. Es wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms finanziert und befasste sich vorrangig mit neu entwickelten Brennern, die Heißluft aus der Kühlzone als Verbrennungsluft nutzen, ohne dass am Tunnelofen selbst größere Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Es demonstriert auch die komplexen Zusammenhänge zwischen Temperaturen, Ofenatmosphäre und Prozessführung bei vorheriger Simulation und später im realen Betrieb. Bisher wird die in der Kühlzone entstehende Heißluft lediglich für die Rohlingstrocknung benutzt. Für den Aufheizbereich und die energieintensive Garbrandzone war diese Heißluft nicht zu gebrauchen, da hier die mit Luftüberschuss betriebenen Brenner selbst neben Wärme auch einen Impulsstrom erzeugen, der für die gleichmäßige Verteilung einer speziellen Gaszusammensetzung über den Ofenquerschnitt wichtig ist. Das Zusammenspiel der Brennstoffbeheizung sowohl der Aufheiz- als auch der Ausgleichzone bedingt eine Synchronisation von Ofen und Trocknerbetrieb, was die energetische Optimierung der Einzelprozesse allein erschwert. Zudem ist der Ofen rund um die Uhr in Betrieb, während der Trockner nur während der Produktionszeit an Arbeitstagen beschickt wird. Speziell bei Dachziegeln

müssen zusätzlich noch die dazugehörigen Kassetten mit erwärmt, aber nicht getrocknet werden, sodass hier ein Ungleichgewicht in der Energieverteilung entsteht. Alle diese Faktoren beeinflussten ein neues Brennerkonzept, das zweistufig und getaktet arbeitet. Wegen des kleinen Durchmessers der Brennerrohrmündung verhindert ein externer Spülluftanschluss deren Verkoken. Die ursprüngliche und die mit dreizehn Injektorbrennern neu ausgestattete Ofenanlage wurde umfangreich vermessen. Der spezifische Energieverbrauch je Tonne gebrannte Ziegel sank um 15 Prozent.¹⁰⁹

Eine bereits erwähnte Problematik bei Dachziegeln besteht darin, dass fast die Hälfte des Gewichts im Tunnelofen Brennhilfsmittel sind, konkret sog. H-Kassetten, die einen homogenen Brand ohne Biegeeffekte ermöglichen. Ein 2020 abgeschlossenes Forschungsvorhaben der Forschungsvereinigung Ziegelindustrie, gefördert von der AiF, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., suchte dafür eine Lösung. Die Aufheiz- und Brennzone von Tunnelöfen für Dachziegel ist besonders lang gestreckt, da die Brennhilfsmittel den Strömungswiderstand erhöhen, sodass Hochgeschwindigkeitsbrenner oder Umwälzeinrichtungen die Strömung durchmischen, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu ermöglichen. Die längeren Zonen bedingen eben aber auch einen höheren Energieverbrauch. Entwickelt wurde zusammen mit dem Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik der RWTH Aachen und der Universität Magdeburg ein Tunnelofenkonzept mit verkürzter Brennzone. Möglich machen das mehrere Ventilatoren direkt im Ofenraum für eine homogenere Temperaturverteilung. Zusätzlich verbleibt die zur Kühlung verwendete Umgebungsluft im Ofen und wird beim Aufheizen der Dachziegel und Kassetten verwendet, was die Energieeffizienz weiter erhöht.¹¹⁰

Wasserstoff statt Erdgas

Die Bundesregierung hat im Jahr 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie auf den Weg gebracht, die die Bedeutung „grünen“ Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien in den Mittelpunkt stellt. Allerdings muss die Erzeugerseite noch jahrelang entwickelt und in die Anwendung gebracht werden, da Wasserstoff bisher hauptsächlich aus fossilen Quellen hergestellt wird. So stellt er aktuell keine Alternative zu konventionellen Brennstoffen wie dem methanbasierten Erdgas dar. Dennoch gibt es erste Überlegungen, was mit den Anlagen, ihrer Sicherheit und den Sinterprozessen bei einer Umstellung auf einen größeren oder gar vollständigen treibhausgasneutralen Wasserstoff-

¹⁰⁸ Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL 2020.

¹⁰⁹ Rimpel et al. 2020.

¹¹⁰ Institut für Ziegelforschung Essen e.V. 2020b.

Tabelle 3: Unterschiedliche Eigenschaften von Erdgas und Wasserstoff als Brenngas

	Erdgas	Wasserstoff
Volumenverhältnis Kraftstoff: Verbrennungsluft	1:10	1:2,5
Selbstentzündungstemperatur	575–620 °C	525–725 °C
Entzündungsgrenzen in Luftgemischen	4–17 % Methan	3–70 % H ₂
laminare Brenngeschwindigkeiten stöchiometrischer Brennstoffgemische	33,5–36,0 cm/s	203,6–233,5 cm/s
Oxidationswasser	2,2 kg auf 1 kg Methan	9 kg auf 1 kg Wasserstoff

Quelle: Eigene Darstellung, VDI TZ nach: Mödinger (2021)

anteil passieren wird. Das Volumenverhältnis von Kraftstoff zu Verbrennungsluft ist bei Erdgas und Wasserstoff um den Faktor 4 verschieden, was zu stark veränderten Strömungsverhältnissen und geringeren Wärmeübertragungswerten führt. Die Brenngeschwindigkeiten unterscheiden sich um den Faktor 6. Die Düsengestaltung der Brenner entscheidet über die Flammenausbreitungseigenschaften und das Explosionsverhalten. Für die Verbrennung von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen sind Brenner mit variabler Düsengröße erforderlich. Für die Anlagensicherheit müssen die Explosionseigenschaften von Wasserstoff berücksichtigt werden. Die Verbrennung von 1 kg Wasserstoff erzeugt zusätzlich 9 kg Wasserdampf, was die Rauchgasfeuchte im Abgasstrom erhöht. Eine überschlägige Kostenkalkulation lässt erwarten, dass mit aus Elektrolyse erzeugtem Wasserstoff die Brennkosten stark steigen, was jedoch von Rahmenbedingungen wie den Kosten für CO₂-Emissionszertifikate und womöglich temporär negativen Strompreisen abhängt.¹¹¹ Das sich durch Wasserstoff verändernde Flammenbild bewirkt in Schmelzwannen unstete Temperaturen und auch die Auswirkungen auf das Feuerfestmaterial müssen noch erforscht werden.¹¹²

Grundlagenforschung

Das Grundlagenwissen zur Nutzung alternativer Brennstoffe wie Wasserstoff ist in der Thermoprozesstechnik-Branche gering, daher sollen Antworten u. a. auf die oben skizzierten Fragen im AiF-Leittechnologieprojekt „TTgoesH2 – Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger in die industrielle und gewerbliche Thermoprozesstechnik“ von 2021 bis 2023 erarbeitet werden. Beteiligt sind rund 35 Unternehmen, meist KMU wie Bren-

nerhersteller und Ofenbauer, wobei es nicht allein um die Keramikbranche geht. Aus der Wissenschaft sind von der RWTH Aachen das Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik und von der TU Bergakademie Freiberg das Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Lehrstuhl für Gas- und Wärmetechnische Anlagen, beteiligt. Als Ergebnis werden Konzepte und validierte Entwicklungsempfehlungen erwartet, mit denen ein sicherer und wirtschaftlicher Betrieb von Thermoprozessanlagen mit Wasserstoff allein oder im Brenngas-Gemisch mit Erdgas möglich ist.¹¹³

Auch ohne Wasserstoff sind die Prozesse in Hochtemperaturöfen komplex und bis heute nicht vollständig verstanden. Da ihre Energieeffizienz nur mit entsprechendem Wissen gesteigert werden kann, startete im Jahr 2020 der mit fast zehn Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ausgestattete Sonderforschungsbereich „Bulk-Reaction“. Beteiligt sind vierzig Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universitäten Bochum und Magdeburg aus den Fachbereichen Physik, Ingenieurwissenschaften und Informatik. Bis ins Jahr 2024 werden sie Computersimulationsmodelle entwickeln und diese auch experimentell bestätigen. Dabei sind neben Keramiken auch die Weiterverarbeitung von Erzen und Baustoffen und sogar Kaffeeröstung und Trocknung von Tabletten von Interesse. Die Wechselwirkungen von Temperatur, Druck und Atmosphäre in den Öfen mit dem Trocknungs- bzw. Brenngut sind mathematisch schwierig zu beschreiben. Numerische Berechnungen und computerbasierte Simulationen müssen von Anfang an mit experimentellen Messtechniken kombiniert werden, um die theoretischen Annahmen zu überprüfen. Während beim

¹¹¹ Mödinger 2021.

¹¹² Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE 2021.

¹¹³ RWTH Aachen 2021.

Projekt HTPgeox industrielle, optische Bildverarbeitung vorgesehen ist, sollen hier wegen der hohen Temperaturen außergewöhnliche Messverfahren wie Radartechnik, Positronen- oder Magnetresonanz-Tomographie zum Einsatz kommen. Erst mit dem Verständnis aller physikalisch-chemischen Prozesse können Ausschuss und Energieeinsatz gezielt reduziert werden – und womöglich in Zukunft auch Wasserstoff in diesen großindustriellen Produktionsverfahren eingesetzt werden.¹¹⁴

4.3 Zwischenfazit Dekarbonisierung, Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität

- Keramikprodukte sind umfassend einsetzbar und bieten vielen nachgelagerten Branchen Einsatzmöglichkeiten für die nachhaltige Transformation, beispielsweise bei Katalysatoren in Pkw. Dennoch ist die Herstellung der Keramikprodukte mit einer hohen Energie- und Emissionsintensität verbunden. Die Energieversorgung wird primär durch die Verwendung fossiler Brennstoffe gedeckt, da zum jetzigen Zeitpunkt keine vollumfänglich effiziente und ausgereifte Alternative wie natürliche oder synthetische Gase bereitsteht. In der Vergangenheit konnten aufgrund des hohen Energieverbrauchs jedoch bereits kleine Sparmaßnahmen große Wirkungen erzielen.
- Durch vielfache Nutzung während des Produktionsprozesses ist der Wasserverbrauch der Keramikindustrie recht hoch. Nicht verwendetes Wasser wird in der Industrie bereits vollständig recycelt. Hinzu kommen weitere Schritte, wie die Nutzung von Abwässern aus anderen Industrien, die dafür sorgen, dass der Frischwasserverbrauch reduziert wird. Nebenprodukte, die während des Produktionsprozesses anfallen, sowie Klärschlämme und ungebrannte Scherben können wieder vollständig in den Produktionsprozess eingebracht werden. Damit zukünftig auch gebrannte Keramik (beispielsweise aus Abbruch) am Ende ihrer Nutzungsdauer wieder in den Kreislauf mit eingebracht werden kann, müssen allerdings technische und regulatorische Hürden angegangen werden. Die Transformation der Keramikindustrie hat in Teilen bereits begonnen. Künftig bedarf es allerdings weiterer (Grundlagen-) Forschung und eines fördernden regulatorischen Rahmenwerks, welches die Transformation hemmende Faktoren beseitigt.

¹¹⁴ Vorwerk 2020.

5

5. Rahmenbedingungen

5.1 Regulatorische Rahmenbedingungen

Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Keramikindustrie hat aufgrund ihres hohen Energiebedarfs mit hohen Energiekosten zu kämpfen. Durch eine Umstellung der Brenner von Festbrennstoff hin zu elektrischem Betrieb konnten Emissionen aus dem Brennvorgang bereits erheblich reduziert werden.¹¹⁵ Allerdings stellen die im internationalen Vergleich hohen Stromkosten ein Risiko für die vom Mittelstand geprägte Keramische Industrie dar. In der Stromversorgung sind vornehmlich die steigenden Stromnetzentgelte, die im Zuge der Energiewende durch die Umstellung der Netze entstehen, ein hoher Kostenfaktor für die Keramische Industrie. Dies kann sich insbesondere im internationalen Vergleich zu einem Wettbewerbsnachteil entwickeln.¹¹⁶

Als energieintensive Industrie fällt die Keramikindustrie unter die besondere Ausgleichsregelung nach §§ 63 ff. EEG 2021. Diese Regelung begrenzt die Höhe der EEG-Umlage, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu gewährleisten.¹¹⁷ Aufgrund der stark steigenden EEG-Umlage in der Vergangenheit wurde im letzten Jahr eine Deckelung der EEG-Umlage auf 6,5 ct/kWh für das Jahr 2021 festgesetzt.¹¹⁸ Das Bündnis Faire Energiewende weist in einem Positionspapier jedoch darauf hin, dass eine Festsetzung des Umlagesatzes zu einer Verankerung der EEG-Umlage auf einem hohen Niveau führe und daher nicht die erwünschten positiven Auswirkungen auf Unternehmen habe.¹¹⁹ Darüber hinaus führe ein Anstieg weiterer Komponenten des Strompreises zu einer Kostensteigerung für die Unternehmen.¹²⁰

Carbon Leakage

Keramikhersteller unterliegen darüber hinaus dem nationalen Emissionssystem (nEHS), das 2021 in Deutschland eingeführt worden und im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) geregelt ist. Unter das nEHS

fallen CO₂-Emissionen, die durch die Verbrennung von Energieträgern fossiler Art entstehen. Durch Produktionsprozesse im Hochtemperaturbereich, die zum jetzigen technischen Stand nur im geringen Maße durch alternative Brennstoffe substituiert werden können, entsteht in der Industrie ein hoher Ausstoß an CO₂-Emissionen durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdgas.

Um die Abwanderung der Keramischen, und anderer Industrien aus Deutschland aufgrund höherer Belastungen durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) zu verhindern und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der betroffenen Unternehmen nicht zu gefährden, haben die Bundesregierung und der Bundestag die BEHG Carbon Leakage Verordnung (BECV) verabschiedet, welche das produzierende Gewerbe vom nationalen CO₂-Emissionshandel entlasten soll. Die Höhe der Ausgleichszahlung richtet sich dabei nach der Emissionsintensität der einzelnen Branchen sowie den beihilfefähigen Brennstoff- und Wärmemengen.¹²¹ Branchen, die nicht durch die Ausgleichsregelung des EU-ETS abgedeckt werden, haben weiterhin die Möglichkeit eine Kompensation zu beantragen. Zudem sind Unternehmen ab 2023 verpflichtet, einen Nachweis über die Berechtigung zur Kompensation zu erbringen.¹²²

Insbesondere Unternehmen der Feinkeramischen Industrie, die bis dato unter dem Schwellenwert des europäischen Emissionshandelssystems (EU-ETS) gelegen haben, werden seit Jahresbeginn 2021 durch das nEHS erfasst. Branchenvertreter melden jedoch Nachbesserungsbedarf bei der Umsetzung des nEHS und der Ausgleichsregelung an. Für die Umsetzung des Systems hierzulande wurde die Liste der Branchen, die bereits unter dem EU-ETS in der BEHG-Carbon-Leakage-Verordnung inkludiert worden sind, in das nationale System übertragen. Da der nationale Carbon-Lea-

¹¹⁵ Guminski et al. 2019.

¹¹⁶ Steinhaus & Kraft 2021.

¹¹⁷ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2021.

¹¹⁸ Bundesnetzagentur 2020.

¹¹⁹ Bündnis Faire Energiewende 2020b.

¹²⁰ Bündnis Faire Energiewende 2020a.

¹²¹ Weiterhin richtet sich die Höhe der Beihilfe in Form eines Benchmark-Ansatzes an den zehn Prozent der besten Anlagen in der EU in den jeweiligen Branchen.

¹²² Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2021a.

kage-Schutz im Vergleich zum EU-System zusätzlich zur Abwanderung in das Nicht-EU-Ausland aber auch die Abwanderung der deutschen Industrie in das EU-Ausland verhindern soll, bedarf es einer Neubewertung der Risiken für die heimische Industrie. Zudem verlangen die Branchenakteure Klarheit und Transparenz über die Höhe der durch die Unternehmen nachzuweisenden Kosten, die eine Kompensation durch die Carbon-Leakage-Verordnung ermöglichen sollen. Nur so können Unternehmen Planungssicherheit erhalten. Insbesondere das Vorhaben einer nachträglichen finanziellen Entlastung durch den Carbon-Leakage-Schutz stellt viele Betriebe vor eine aktuelle Problematik.¹²³ Da es für die Hochtemperatur-Prozesse derzeit keine effizienten alternativen Brennstoffquellen zur Beheizung der Öfen gibt, fordern Vertreter der Keramischen Industrie diesen Umstand in der Umsetzung der BEHG-Carbon-Leakage-Verordnung zu berücksichtigen.¹²⁴ Potentiell emissionsarme Alternativen wie Wasserstoff oder die Nutzung erneuerbar hergestellter Stroms können in absehbarer Zeit nicht gängige Brennstoffe wie Erdgas ersetzen. Konkret bedarf es in der Festsetzung des Schutzes daher einer Erhöhung des tatsächlichen Entlastungssatzes der Keramischen Industrie sowie eine Überarbeitung und nationale Betrachtung der Branchenliste, die durch den Carbon-Leakage-Schutz abgedeckt werden soll. Um der Problematik der vorübergehenden Illiquidität aufgrund von monetären Belastungen der Betriebe durch das nEHS entgegenzuwirken, ist darüber hinaus eine schnelle Kompensation notwendig.¹²⁵

Zudem sind Unternehmen dazu verpflichtet, einen Teil der genehmigten Kompensationszahlungen aus dem Emissionshandel in Klimaschutzmaßnahmen zu investieren. So sollen 2023 und 2024 Investitionen in Höhe von mindestens 50 Prozent der Ausgleichszahlungen sowie ab 2025 mindestens 80 Prozent der Zahlungen in alternative Technologien investiert werden.¹²⁶ Branchenvertreter weisen jedoch darauf hin, dass die Ausgleichszahlungen in erster Linie der Abwanderung der nationalen Industrie in das Ausland entgegenstehen sollten und daher nicht mit der Pflicht zur Investition in den Klimaschutz gekoppelt sein dürfen.¹²⁷

Finanzierungsrahmen und Investitionen in der Energiewende

Im Rahmen der Energiewende sollen fossile Energieträger durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden. Dies

stellt die Keramikindustrie vor Herausforderungen, da stabile Hochtemperaturprozesse zum jetzigen Technologiestand lediglich durch den Einsatz fossiler Brennstoffe in effizientem Maße erreicht werden können. Zudem erfordern diese Prozesse eine kontinuierliche Versorgung mit Energie, um die Leistung der Brennöfen auf konstanten Temperaturen zu halten. Hierbei gilt es zu beachten, dass der steigende Anteil an Strom aus erneuerbaren Energien am Stromnetz mit einer erhöhten Variabilität der Netzauslastung einhergeht. Produktionsbedingt hat die Keramikindustrie allerdings einen starken Bedarf nach einer stabilen und im internationalen Vergleich wettbewerbsfähigen Versorgung mit Energie.¹²⁸

Durch die Umstellung vieler Brennöfen von Festbrennstoffen auf Gaszufuhr, primär durch die Nutzung von Erdgas gedeckt, konnte bereits ein hoher Anteil an Emissionen eingespart werden. Die Nutzung von Synthese- oder Biogas anstelle von Erdgas würde allerdings mit einem deutlich höheren Preisniveau für die Brennstoffleistung einhergehen. Insbesondere vor dem Hintergrund des Preisdrucks aus dem Ausland hat dies einen negativen Effekt auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Keramikproduktion.¹²⁹ Darüber hinaus existieren in der Keramikindustrie sehr lange Investitionszyklen von nicht selten mehr als 60 Jahren, die eine zeitnahe Umstellung der Technologien auf nachhaltige Alternativen erschweren. Die Elektrifizierung der Brennöfen würde weiterhin mit einer starken zusätzlichen finanziellen Belastung einhergehen. Die Veräußerung von Brennanlagen ist aufgrund eines Überangebots auf dem Markt keine effiziente Maßnahme, um finanzielle Mittel für den Erwerb nachhaltiger Alternativen freizumachen.¹³⁰ Verhältnismäßig lange Amortisationsdauern führen zu sog. Lock-in-Effekten. Unternehmen in der Keramikindustrie ist es daher häufig nicht möglich, kurzfristig auf neue, nachhaltige Alternativen zu reagieren, was die Transformation der Industrie verlangsamt.¹³¹ Zudem sind alternative Produktionsverfahren oftmals teurer als herkömmliche Verfahren, was sich negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auswirken kann. Daher bedarf es eines zielgerichteten Anreizsystems, um die Durchdringung nachhaltiger Alternativen in der Keramikindustrie zeitnah voranzutreiben. Klimaschutzverträge in Form sog. (*Carbon*)-*Contracts-for-Difference* (CCFD) sollen künftig die

¹²³ Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie et al. 2020.

¹²⁴ Bundesverband Keramische Industrie e.V. 2021.

¹²⁵ Holler et al. 2021.

¹²⁶ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2021a.

¹²⁷ Bundesverband Keramische Industrie e.V. 2021.

¹²⁸ Guminski et al. 2019.

¹²⁹ Cerame-Unie 2013.

¹³⁰ Guminski et al. 2019.

¹³¹ Lutz, Becker und Lehr 2018.

höheren Betriebskosten nachhaltiger Anlagen von Seiten der Regierung aufgegriffen. Die Höhe der Unterstützung ist hierbei an das jeweilige Projekt gekoppelt.¹³² Trotz der genannten Faktoren hat die deutsche Keramikindustrie in den letzten Jahren bereits relativ hohe Investitionen in neue Technologien getätigt, um sich gegen Wettbewerber aus dem Ausland behaupten zu können. Die hiermit einhergegangenen Modernisierungsprozesse haben bereits dazu geführt, dass sich Produktionsprozesse nun effizienter und flexibler gestalten lassen.¹³³ Insbesondere kleine Unternehmen stehen bei der Erforschung neuer Technologien jedoch vor erheblichen finanziellen und personellen Restriktionen, die ein Vorantreiben dieser Technologien aus den Unternehmen heraus hemmen. Eine zusätzliche Förderung dieser Forschungsprojekte von Seiten der Politik wäre daher eine geeignete Maßnahme, um Unternehmen in ihrem Forschungsvorhaben zu unterstützen und ihnen die notwendige Planungssicherheit zu verschaffen.¹³⁴

Rohstoffe und Handel

Die Keramikindustrie ist in der Produktion auf die Nutzung von natürlichen Rohstoffen, synthetischen Rohstoffen sowie seltenen Erden angewiesen. Dabei wird Ton in der Regel in europäischen, unter anderem deutschen Abbaugebieten gewonnen. Bei der Versorgung mit synthetischen Rohstoffen ist die Keramikindustrie allerdings von Importen aus dem Ausland abhängig. Der Bedarf an seltenen Erden ist im Vergleich zu natürlichen und synthetischen Rohstoffen allerdings gering, was zu einer geringen Abhängigkeit von ausländischen Anbietern in diesem Bereich führt.¹³⁵ Der Abbau von Rohstoffen ist meist mit hohem bürokratischem Aufwand verbunden, erfordert mitunter eine lange Planungszeit und geht einher mit einem Ausfallrisiko durch Nicht-Erschließung von Abbaustätten. Zudem existieren umweltschutzrechtliche Regularien bezüglich des Abbaus in Steinbrüchen und Flüssen, die nach Beendigung der Arbeiten wieder in einen natürlichen Zustand zurückversetzt werden müssen. Insbesondere der Abbau von Rohstoffen mineralischer Art unterliegt einer Vielzahl von Planungsrechten, weshalb die Versorgung mit Stoffen wie Baryt oder Lithium mitunter als problematisch gilt.¹³⁶ Beim Bezug von Lithium ist die Keramikindustrie auf Importe aus dem Ausland angewiesen.

Aufgrund des knapper werdenden Rohstoffbestandes hat sich der Markt längst zu einem Anbietermarkt entwickelt, was sich unter anderem durch die Einführung von tarifären und nicht-tarifären Handelsbarrieren durch die Produzentenländer äußert. Die steigenden Rohstoffkosten stellen einen wichtigen Faktor in der ohnehin stark vom internationalen Wettbewerb betroffenen Keramikindustrie dar. Daher gibt es bereits Forderungen nach einer Verbesserung der Beziehungen zu Exportländern, was den Zugang zu Rohstoffen erleichtern soll. Zudem wird die Abhängigkeit von ausländischen Anbietern durch eine Steigerung der Recyclingraten hierzulande reduziert werden. Damit dies gelingt, müssen geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, die sich positiv auf private Investitionen und die Verwertung von Recyclingmaterialien auswirken.¹³⁷

Auch Zwischen- und Endprodukte aus Keramik werden international gehandelt. So ist die deutsche Keramikindustrie mit einem Exportanteil von etwa einem Drittel des Gesamtumsatzes stark exportorientiert. Aber insbesondere in Teilbranchen wie der Feinkeramik stehen Betriebe hohem Preisdruck aus dem Ausland gegenüber. Für Geschirr und andere Porzellan- und Keramikwaren (wie Ziergegenstände) sind die Umsätze deutscher Produzenten in den letzten Jahren im In- und Ausland gesunken. Begründet werden kann dies vor allem mit den günstigen Produkten aus Ländern mit geringeren Produktionskosten, die ihre Waren mitunter zu Dumpingpreisen anbieten.¹³⁸ Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Keramikindustrie zu stärken und die aus Arbeitnehmer- und Umweltschutzaspekten aus zweifelhafter Produktion stammenden Produkte aus Niedriglohnländern im Ausland nicht zu fördern, bedarf es daher fairer Wettbewerbsbedingungen.¹³⁹ Hierzu gehören einerseits der Abbau von Handelshemmnissen bei deutschen Keramikexporten, aber auch eine Vereinheitlichung technischer und regulatorischer Barrieren, wie beispielsweise die Einführung internationaler Standards zu technischen Normen. Auch die Subventionierung von Keramikprodukten aus dem Ausland führt zu einem immer stärker werdenden Wettbewerb, dem sich die Keramikindustrie gegenüberübersieht.¹⁴⁰ Als erste Maßnahmen sind mit der Einfuhr von Zöllen auf chinesische Niedrigpreisprodukte in den

¹³² Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2021c.

¹³³ Sparkassen Finanzgruppe 2018.

¹³⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) & www.bmu.de 2018.

¹³⁵ Guminski et al. 2019.

¹³⁶ Cerame-Unie 2013.

¹³⁷ Röhrs 2018.

¹³⁸ Röhrs 2019.

¹³⁹ Steinhaus & Kraft 2021.

¹⁴⁰ Cerame-Unie 2013.

Jahren 2012 und 2013 bereits erste Schritte zur Beseitigung von Wettbewerbsnachteilen für die deutsche Keramikindustrie durchgesetzt worden.¹⁴¹

5.2 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Die in Kapitel 2 in Kurzform dargestellte Geschichte der Keramikindustrie konnte zeigen, welche kulturhistorischen Rahmenbedingungen zu dem aktuellen Umgang mit dem Material Keramik und zur Stellung und Ausrichtung der heutigen Branche geführt haben. Wie auch Branchenstruktur, Wertschöpfungsketten, Produktionsprozesse und Endprodukte sind die Nutzung und das gesellschaftliche Bild der Keramik differenziert zu betrachten. Keramische Gegenstände und Bauteile erleichtern das alltägliche Leben unzähliger Menschen in höchst unterschiedlichen Gebieten. Sie sind ein Bestandteil gesundheitlicher und sanitärer Versorgung, tragen zur Mobilität bei oder befriedigen ästhetische Bedürfnisse und den Wunsch nach künstlerischem und kulturellem Ausdruck. Dementsprechend sind Keramiken sowohl in der Kunst, im Handwerk und in der Technologie vertreten und schlagen so Brücken zwischen unterschiedlichen Kulturtechniken. Es existieren kaum Werkstoffe, die in der Menschheitsgeschichte so kontinuierlich und weit verbreitet genutzt wurden und heute noch vielfältig genutzt werden wie Ton und Steinzeug. Heutige artverwandte Hochleistungskeramiken auf Basis beispielsweise von Oxiden oder Carbide erschließen weiterhin neue Anwendungsgebiete und sind in verschiedenen Hochtechnologien (z. B. in der Dicht- und Regeltechnik oder der Elektromobilität) präsent.

In Deutschland bestehen diverse Vereine und Verbände, die sich der Branche und dem Material verschrieben haben. Beispielsweise fördert der Verein „Gesellschaft der Keramikfreunde“ (GKf) die wissenschaftliche Keramikforschung. Zusätzlich bewirbt er private sowie öffentliche Sammeltätigkeiten und publiziert seit 1958 die Zeitschrift KERAMOS, die vierteljährlich erscheint und sowohl über aktuelle Forschungsvorhaben informiert als auch künstlerische und kulturelle Berichte miteinbezieht. Weiterhin organisiert die GKf einen jährlichen Porzellanwettbewerb und diverse Ausstellungen.¹⁴² Die gesellschaftliche Teilhabe an der Geschichte keramischer Erzeugnisse kann in verschiedenen spezialisierten Museen stattfinden, wie beispielsweise in Düsseldorf, Berlin oder den traditionellen „Keramik-Hotspots“ wie dem Westerwald oder in Oberfranken.

Darüber hinaus existiert vor allem durch gesellschaftliche und politische Initiativen ein deutlicher Druck, die Energiewende voranzubringen und energieintensive Industrie zu mehr Energieeffizienz und zur Nutzung regenerativer Energien zu bewegen. Einer Vielzahl von Menschen ist im Bezug zur Energiepolitik oftmals nur die Tatsache bekannt, dass die Herstellung von Keramik große Mengen an Erdgas verbraucht und die Industrie damit klimaschädliche Konsequenzen mit sich bringt. Die Keramik wird dagegen immer mehr in Energietechnologien Bestandteil, die zu Fortschritten in der Energieeffizienz und damit der ökologischen Energiewende beitragen können. Dazu zählen sowohl in der Zukunft wichtiger werdende (und mit unkritischen Rohstoffen hergestellte) Speichertechnologie¹⁴³ oder auch die Forschung an innovativen Solarzellen.¹⁴⁴ Als kleinere Komponenten finden sie daher im Rahmen der Energiewende an vielen Stellen Platz. Keramische Bauteile können durch ihre häufige „Unsichtbarkeit“, indem sie vereinzelt in Beschichtungen oder Membranen enthalten und in komplexeren Antrieben oder Anlagen verbaut sind, auch als „Hidden Champions“ bezeichnet werden.¹⁴⁵ Es kann vermutet werden, dass die Vielfalt der keramischen Erzeugnisse und Produkte noch nicht im gesellschaftlichen Bild zur Keramik angekommen ist.

¹⁴¹ Sparkassen Finanzgruppe 2018.

¹⁴² Keramikfreunde.de o. J.

¹⁴³ Buchholz 2019.

¹⁴⁴ Haustec.de 2019.

¹⁴⁵ Buchholz 2020.

6. SWOT-Analyse

Im Rahmen dieser Studie konnten einige Faktoren identifiziert werden, die sich fördernd oder hemmend auf die Keramikbranche auswirken. Im Rahmen einer SWOT-Analyse können diese Faktoren in interne, Stärken und Schwächen, sowie externe Kriterien, Chancen und Risiken, unterteilt werden (Abbildung 9).

Abbildung 9: SWOT-Analyse

<p>Stärken ("Strengths")</p> <ul style="list-style-type: none"> ☺ Langlebigkeit und Vielseitigkeit von Keramik ☺ Zuwachspotenzial in Teilbranchen (z. B. in Baumaterialien, Medizin- und Sanitärtechnik) ☺ Hoher Automatisierungsgrad und Digitalisierung steigern Produktionseffizienz ☺ Teilbereiche wie die Technische Keramik geprägt durch hohes Innovationspotenzial (z. B. durch additive Fertigung) und Schlüsseltechnologie für andere Industrien 	<p>Chancen ("Opportunities")</p> <ul style="list-style-type: none"> ☺ Erschließung neuer Anwendungsgebiete durch Innovationen im Bereich der Technischen Keramik ☺ Automatisierung kann zu Effizienzsteigerungen im Produktionsprozess führen ☺ Innovationen aus FuE fördern effizientere, emissionsärmere Produktion
<p>Schwächen ("Weaknesses")</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ Hohe Kapitalintensität und produktionsbedingte Energiekosten ☹ Lange Investitionszyklen für Anlagen (Lock-in-Effekte) ☹ Fehlende Brennstoffalternativen (z. B. H₂) für Hochtemperaturprozesse führen zu hohen Emissionen ☹ Fachkräftemangel in Teilbranchen sowie Wissensverluste bedingt durch demografischen Wandel ☹ Marktsättigung in einigen Teilbranchen 	<p>Risiken ("Threats")</p> <ul style="list-style-type: none"> ☹ Starke Exportorientierung führt zu Unsicherheiten durch hohen internationalen Wettbewerb ☹ Hohe Rohstoffpreise und Versorgungsunsicherheiten ☹ Hohe Emissionen und CO₂-Kostenbelastungen bei geringem CL-Schutz (BECV) und geringer EE-Verfügbarkeit erhöhen CL-Risiko ☹ Geringer CL- und Anti-Dumping-Schutz vs. internat. Konkurrenz ☹ Teilweise hohe konjunkturelle Abhängigkeiten in Teilbranchen

Quelle: eigene Darstellung

Stärken

Zu den Stärken der deutschen Keramikindustrie gehören die international anerkannte hohe Qualität sowie die Langlebigkeit der Produkte, die mitunter einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Dies wirkt sich positiv auf das Image der Branche aus. Zudem ist die Industrie ein wertvoller Zulieferer für weitere Branchen wie der Bauindustrie, die von Keramikherstellern mit Ziegeln oder Sanitärkeramik beliefert wird, der Automobilindustrie oder auch der Medizintechnik. In einigen der genannten Branchen besteht ein hohes Gewinnpotenzial. Insbesondere die Technische Keramik ist geprägt von einem hohen Innovationspotenzial und gilt als wichtiger Schlüsselfaktor für viele nachgelagerte Industrien. Der hohe Automatisierungsgrad und die voranschreitende Digitalisierung in der deutschen Keramikindustrie sorgen für effiziente Produktionsprozesse, mit denen sich die deutsche Industrie von internationalen Akteuren abhebt.

Schwächen

Eine der größten Herausforderungen der deutschen Keramikindustrie ist der große Anteil an Energiekosten. Durch die Produktionsprozesse im Hochtemperaturbereich ist eine stabile und hohe Zufuhr von Energie unabdingbar. Steigende Energiekosten und mangelnde Alternativen zu gängigen Brennstoffen sowie die hiermit einhergehenden Umweltkosten werden die Branche auch künftig stark belasten. Darüber hinaus sind die Investitionszyklen für Produktionsanlagen sehr lang. Dies führt dazu, dass technologische Neuerungen und nachhaltige Alternativen durch die von kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägte Industrie nur zögerlich umgesetzt werden können. Durch die hohe Zahl der Betriebsschließungen der letzten Jahre besteht zudem bereits ein Überangebot an herkömmlichen Brennöfen, weshalb Betriebe der Keramikindustrie ihre herkömmlichen Anlagen nur erschwert oder mit hohen Verlusten veräußern können, was wiederum die Investitionen in nachhaltige Anlagen hemmt. Auch einige Teilbranchen der Keramikindustrie sehen sich einer starken Marktsättigung gegenüber, was den Absatz der Produkte hemmt. Der demografische Wandel führt darüber hinaus dazu, dass viele Betriebe einem Mangel an Fachkräften begegnen, mit dem branchenspezifische Wissensverluste einhergehen.

Chancen

Die voranschreitende Digitalisierung in der Keramikindustrie führt zu Effizienzgewinnen und Kostensenkungen in der Produktion, was sich bereits heute positiv auf die Wettbewerbssituation der deutschen Industrie auswirkt. Ein Beispiel stellen an dieser Stelle intelligente Messsysteme in den Heizöfen dar, die in einigen Betrieben für einen effizienteren Energieeinsatz sorgen. Zudem erhoffen sich einige Unternehmen durch den steigenden Grad der Digi-

talisierung eine erhöhte Produktindividualität, die zu Produktdifferenzierung zu Wettbewerbern führen kann. Der hohe Grad der Produktinnovationen in der Technischen Keramik führt zur Erschließung neuer Anwendungsgebiete. Für die Keramikindustrie, die unter anderem in der Teilbranche der Porzellanherstellung einer starken Marktsättigung gegenübersteht, ergeben sich auf diese Weise neue Absatzmärkte. Zudem führen Innovationen in der Keramikindustrie sowie branchenübergreifende Lösungen aus der Industrie 4.0 zu effizienteren und emissions-sparenden Prozessen.

Risiken

Die hohen Energiekosten und nationalen Emissionsabgaben im Rahmen des BEHG stellen einen erheblichen Kostenfaktor für viele Betriebe der Keramikindustrie dar, der die internationale Wettbewerbsfähigkeit gefährdet. Politische Akteure haben die Notwendigkeit eines Schutzes vor Carbon Leakage bereits erkannt, die Umsetzung der BEHG-Carbon-Leakage-Verordnung verlangt auf Sicht der Industrie hingegen noch Nachbesserungsbedarf. So ist derzeit lediglich eine Teilkompensation im Rahmen des nEHS vorgesehen, die in den einzelnen Sektoren der Kunststoffindustrie unterschiedlich hoch ausfällt. Diese entstehenden Mehrkosten führen mitunter zu Liquiditätsengpässen der Unternehmen und einer möglichen Abwanderung von Arbeitsplätzen. Zudem verursachen fehlende Transparenz und uneindeutige Richtlinien mangelhafte Planungssicherheit für betroffene Unternehmen, sodass kein ausreichender Schutz vor einer Produktionsverlagerung ins Ausland gegeben ist.

Auch der hohe Rohstoffbedarf der Keramikindustrie führt aufgrund der steigenden Knappheit bestimmter Ressourcen zu steigenden Preisen und Versorgungsengpässen, die durch regulatorische Hemmnisse bei der Erschließung von Rohstoffquellen im (EU-) Inland sowie durch Handelsbarrieren beim Import aus dem Ausland verstärkt werden. Zudem steht die Nutzung von Sekundärrohstoffen für weitere Produktionsprozesse regulatorischen und technischen Hemmnissen gegenüber. Die steigende Konkurrenz durch (Dumping-) Produkte oder unlauteren Wettbewerb führt zu starker Konkurrenz auf dem Keramikmarkt. Die starke Exportorientierung der Industrie verstärkt die Wettbewerbsproblematik zusehends. Zudem ist insbesondere die Grobkeramik mit ihren Feuerfestprodukten und dem Zuschnitt auf Baukeramik von konjunkturellen Schwankungen in nachgelagerten Branchen abhängig.

7

7. Handlungsoptionen für Arbeitnehmerakteure

7.1 Handlungsfeld Transformations- und Innovationstrends meistern

Digitale Prozessüberwachung und Steuerungs- bzw. Optimierungselemente stehen in vielen Bereichen der Keramischen Industrie noch ganz am Anfang. Künftig werden größere Strecken des Fertigungsprozesses digital begleitet und unterstützt werden können. Mit passender Software und entsprechenden Qualifikationen könnten die Nutzung von digitalen Zwillingen und weitreichende Simulationen die Prototypenherstellung erleichtern und auch in der Massenproduktion entscheidende Fortschritte bringen. Mit umfassenden Fort- und Weiterbildungen können die Beschäftigten auf dem aktuellen Wissenstand gehalten werden, ohne bisherige Wissensressourcen zu verlieren. Um die technische Entwicklung und auch die Bildung der Arbeitnehmer*innen weiter voran zu treiben, können die an vielen Stellen bereits intensiv praktizierten Kooperationen zwischen mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen weiter vertieft werden.

Die deutsche Keramikindustrie im internationalen Wettbewerb steht aufgrund der Corona-Pandemie und der zunehmenden Konkurrenz aus dem asiatischen Raum vor großen Herausforderungen. Da ist z. B. die Aufgabe, sich auf dem Markt verstärkt durch Alleinstellungsmerkmale wie eine besonders hohe Energieeffizienz und eine fortgeschrittene Digitalisierung und Automatisierung durchsetzen zu müssen. Mit politischen Rahmenbedingungen, die sowohl den Ansprüchen der Energiewende als auch dem Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und der industriellen Arbeitsplätze dienen, könnte die Transformation der Branche erfolgreich gelingen. Arbeitnehmerakteure könnten bei der Bewältigung dieser Aufgabe eine unterstützende und vermittelnde Rolle spielen.

7.2 Handlungsfeld Fachkräftemangel

Fachkräftesicherung und Steigerung der Arbeitgeberattraktivität werden für Industrie- und Berufsverbände in der Keramischen Industrie wie auch für die einzelnen Betriebe von zunehmender Wichtigkeit werden. Rückläufige Ausbildungs- und Meisterabschlüsse sowie die Alterung der Belegschaften stellen insbesondere mit Blick auf sich wandelnde technische Anforderungen ein potenzielles Hemmnis für ein künftiges Wachstum und eine Weiterentwicklung der Branche dar. Um dieser Herausforderung

zu begegnen, könnten Informationskampagnen und Kommunikationsmittel zur Anwerbung von neuen Fachkräften und Auszubildenden entwickelt werden. Dabei sind die besondere Vielfalt und Heterogenität der Spezialisierungsmöglichkeiten für Arbeitnehmer*innen zu betonen. Ansprechende und variable Arbeitszeitmodelle sowie Weiterbildungsmöglichkeiten tragen ebenfalls zur Attraktivität eines Betriebes bei. Personalsuchstrategien können neben Anzeigenschaltung und Messeauftritten auch die Kooperation mit Schulen, Hochschulen und Bildungseinrichtungen beinhalten.

7.3 Handlungsfeld Dekarbonisierung und regulatorische Rahmenbedingungen

Die Reduzierung des teils hohen Verbrauchs fossiler Energien wie Erdgas stellt die Keramische Industrie im Licht der Energiewende vor die Herausforderungen, die Energieeffizienz zu erhöhen und gleichzeitig regenerative Energiequellen einzuführen. Hohe Investitionskosten für die flächendeckende Erforschung und Etablierung neuer Technologien und alternativer Rohstoffe stellen eine erhebliche Hürde dar. Regularien, die ökologisch sinnvoll und ökonomisch durch die von KMUs dominierte deutsche Unternehmenslandschaft tragbar sind, werden immer wichtiger. Insbesondere im Hinblick auf die 2021 eingeführte CO₂-Bepreisung sehen sich viele mittlere und kleine Betriebe vor enorme finanzielle Hürden gestellt. Lösungsansätze müssen von regulatorischer Seite aus ansetzen, indem auf internationaler Ebene Wettbewerbsbedingungen geschaffen werden, in denen sich deutsche Unternehmen wirtschaftlich behaupten können. Der regulatorische Balanceakt zwischen Klimazielen, Wirtschaftlichkeit und Beschäftigungssicherung wird mit gezielten Investitionen in die Erforschung von Anwendungen synthetischer Rohstoffe und erneuerbarer Energien in der Keramischen Industrie begleitet werden müssen.

Aus Sicht der Branchenverbände sind bisherige Initiativen, um Carbon Leakage vorzubeugen und die Last der CO₂-Bepreisung und der hohen Stromkosten abzufedern, zu intensivieren. Zurzeit wird in Kooperation zwischen dem Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemetalle (BKRI) und dem Fraunhofer IKTS eine Roadmap entwickelt, die Vorschläge für konkrete Schritte und Maßnahmen beinhalten wird. Parallel sollte die Förderung für

Innovationen und neue energieeffiziente Technologien weiter vorangetrieben werden, trotz der enorm langen Investitionszyklen in der Keramikindustrie. So könnten Teiloptimierungen innerhalb des Herstellungsprozesses zu Energie- und somit zu CO₂- und Kosteneinsparungen führen. Mittels zielgerichteter Förderprogramme sollten KMUs eingehender mit Forschungseinrichtungen zusammengebracht und so Netzwerke gebildet werden, in denen praxisnah Lösungen entwickelt werden können.

7.4 Handlungsfeld Mitbestimmung und Beteiligung

Die Darstellung der gegenwärtigen Transformations-trends im vorliegenden Branchenausblick zeigt, dass sich die Branche in einem tiefgreifenden Wandel befindet. Der Erhalt bzw. die Steigerung der Zufriedenheit der Beschäftigten kann nur gelingen, wenn diese in Transformationsprozesse durch Transparenz und Teilhabe mit-eingebunden werden. In einer Befragung konnte gezeigt werden, dass den Betriebsräten in der Keramischen Industrie der Themenkomplex Innovation und Mitbestimmung durchaus präsent ist, aber oftmals im Tagesgeschäft untergeht.¹⁴⁶ Es müssen daher für Interessenvertretungen Kapazitäten geschaffen werden, damit diese als Förderer und Promotoren guter Ideen wahrgenommen werden und als Umsetzungsbegleiter guter Ideen agieren können. Diese Strukturen können je nach betrieblichen Rahmenbedingungen in Form eines organisierten Ideenmanagements, mittels einer Erstellung von Austauschplattformen oder Errichtung und Kommunikation von Bildungsmöglichkeiten in der Praxis umgesetzt werden.

Besonders in tiefgreifenden Transformationszeiten sind Betriebe auf engagierte und qualifizierte Interessenvertretungen angewiesen, die Innovationen effizient fördern können. Ebenso hat die Corona-Pandemie gezeigt, wie wichtig eine flexible Innovations- und Veränderungskultur in Unternehmen sein kann, um schnell und robust auf Krisen reagieren zu können. Dafür sind deutliche Positionierungen, Strategien und Handlungsziele, unter Mitarbeit der Beschäftigten und deren Vertretungen, zu entwickeln.

¹⁴⁶ Voß 2012.

Literaturverzeichnis

Belitz, H. (2015): Die Internationalisierung deutscher Industrieunternehmen. In Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 84 (1), S. 103–120.

Böhmer, M.; Funke, C.; Sachs, A.; Weinelt, H.; Weiß, J. (2016): Globalisierungsreport 2016. Wer profitiert am stärksten von der Globalisierung?, https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/NW_Globalisierungsreport_2016.pdf

Briest, L.; Tsotsas, E.; Vorhauer-Huget, N. (2021): Experimentelle Untersuchung der Mikrowellentrocknung von Sanitärkeramiken. In Keramische Zeitschrift 73 (2), S. 36–43.

Buchholz, L. (2019): Thüringer Forschungspreis für keramische Batterie, <https://www.springerprofessional.de/energiespeicher/energiewende/thueringer-forschungspreis-fuer-keramische-batterie/16664236>

Buchholz, L. (2020): Für die Energiewende müssen wir auf die Vielfalt setzen., https://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Downloads/IEK/IEK-1/DE/Juelicher_Beitraege_in_der_Keramischen_Zeitschrift.pdf?__blob=publicationFile

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2021): Energie – Besondere Ausgleichsregelung, https://www.bafa.de/DE/Energie/Besondere_Ausgleichsregelung/Ueberblick/ueberblick_node.html;jsessionid=FA2993A9984429BCB2A74843D0A80878.2_cid387

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021a): Bundesregierung beschließt Verordnung zum Schutz der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen – BMU-Pressemitteilung, <https://www.bmu.de/pressemitteilung/bundesregierung-beschliesst-verordnung-zum-schutz-der-wettbewerbsfaehigkeit-deutscher-unternehmen/>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021b): Nationale Wasserstrategie.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021c): Eckpunkte für eine Förderrichtlinie Klimaschutzverträge zur Umsetzung des Pilotprogramms „Carbon Contracts for Difference“. Entwurf Stand 21.04.2021, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/eckpunktepapier_klimaschutzvertraege_ccfd_bf.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und bmu.de (2018): Innovative Techniken: Festlegung von besten verfügbaren Techniken (BVT) in Europa für die Bereiche der Keramikindustrie, Zementindustrie, Nahrungsmittelindustrie und in der chemischen Industrie: Teilvorhaben 1 – Keramikindustrie.

Bundesnetzagentur (2020): EEG-Umlage 2021 beträgt 6,500 ct/kWh, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/20201015_EEGUmlage.html

Bundesregierung (2021): Aussetzung der Insolvenzantragspflicht wird verlängert, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/insolvenzaussetzungsgesetz-1781394>

Bundesverband Keramische Industrie e.V. (BVKI) (2021): Stellungnahme des Bündnisses faire Energiewende zum BECV-Entwurf des BMU vom 11. Februar 2021, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/bevcv/Stellungnahmen/Stellungnahmen_Verbaende/bevcv_stn_bvki_bf.pdf

Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien e.V. (2021): Politische Diskussion zur vorgezogenen Erhöhung der deutschen CO₂-Steuer – Mehrkosten nicht mehr tragbar, <https://www.bkri.de/2021/05/07/leben-mit-rohstoffen-forderung-des-bkri-verlagerung-von-co2-emissionen-ins-ausland-stoppen-2/>

Bündnis Faire Energiewende (2020a): Bundesregierung lässt mittelständische Industrie bei Strompreis und Energiekosten im Regen stehen, http://www.keramverbaende.de/content/de/aktuelles/assets/2020-10-15%20PM_BfE.pdf

Bündnis Faire Energiewende (2020b): Die mittelständische Industrie braucht dringend Entlastungen und keinesfalls neue Belastungen bei den Energiekosten!, http://www.keramverbaende.de/content/de/aktuelles/assets/2020_09_09_Positionspapier_BfE.pdf

Bündnis Faire Energiewende (2020c): Forderungen des Bündnisses faire Energiewende zur Überwindung der Corona-Wirtschaftskrise – die mittelständische Industrie braucht jetzt dringend Entlastungen, http://www.keramverbaende.de/content/de/aktuelles/assets/2020_05_19_Positionspapier_BfE_Corona.pdf

Cerame-Unie (2013): Unser Weg ins Jahr 2050. Fahrplan der Keramikindustrie, https://ziegel.de/sites/default/files/2019-04/_media%3D4250%26f%3DCeramic%20Roadmap%20to%202050%20DE.pdf

Ceramica.info (2019): Keramisches Produkt und keramischer Fertigungsprozess in der Kreislaufwirtschaft – [ceramica.info](https://www.ceramica.info/de/articoli/keramisches-produkt-und-keramischer-fertigungsprozess-in-der-kreislaufwirtschaft/), <https://www.ceramica.info/de/articoli/keramisches-produkt-und-keramischer-fertigungsprozess-in-der-kreislaufwirtschaft/>

Cordis.europa.eu (2020): Mikroporöse Keramikfilter sorgen für gesündere Innenräume, <https://cordis.europa.eu/article/id/422615-microporous-ceramic-filters-provide-healthier-indoor-spaces/de>

Destatis (2020a): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-/3-/4-Steller).

Destatis (2020b): Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Direkte und indirekte Energieflüsse und CO₂-Emissionen 2008 bis 2016., https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/energiefluesse-emissionen/Publikationen/Downloads/direkte-und-indirekte-energiefluesse-emissionen-5859006167005.xlsx;jsessionid=2494EEF8401E9A97858103009B4110F4.live742?__blob=publicationFile

Destatis.de (2021): Pressemitteilung Nr. 076 vom 22. Februar 2021, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/02/PD21_076_421.html

Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHST) (Hrsg.) (2021a): Treibhausgasemissionen 2020: Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2020), https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2020.pdf;jsessionid=3737172340A0C2842E4C160978ABF905.1_cid321?__blob=publicationFile&v=2

Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHST) (Hrsg.) (2021b): Die Handelsperiode 2021–2030. https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Anlagenbetreiber/2021-2030/2021-2030_node.html

Eichler, J.; Picht, G.; Rabe, T.; Rossner, W.; Stelter, M.; Voigt, I. (2021): Digitalisierung der keramischen Fertigung – Herausforderungen und Chancen, https://www.dkg.de/dkg_dgm_ga_hlk/strategiepapier_digitalisierung_dgm-dkg.pdf

EnArgus.de (o. J.): Keramikherstellung, https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d5723-2/*/*/Keramikherstellung.html?op=Wiki.getwiki

Europäische Kommission (o. J.): Entwicklung eines effizienteren, umweltfreundlicheren Ofens, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/de/projects/success-stories/all/entwicklung-eines-effizienteren-umweltfreundlicheren-ofens>

Fraunhofer Institut für Keramische Technologie und Systeme IKTS (o. J.): Corona-Forschung, https://www.ikts.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/bio_medizintechnik/corona-forschung.html

Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL (2020): Energieeffiziente Hochtemperaturprozesse für große und geometrisch komplexe Bauteile (HTPgeox), <https://www.htl.fraunhofer.de/de/ueber-uns/foerderprojekte/projekt-htpgeox.html>

Fuß, G.; Maaß, C.; Sandrock, M. (2018): Strategische Optionen zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung der Prozesswärme und -kälte.

Guminski, A.; Hübner, T.; Rouyrre, E.; Roon, I. S. von (2019): Energiewende in der Industrie. Branchensteckbrief der Keramikindustrie, Bericht an: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Haustec.de (2019): Forscher entwickeln neues Materialkonzept für Solarzellen, <https://www.haustec.de/energie/pv-module/solarzellen-aus-keramik-forscher-entwickeln-neues-materialkonzept>

Holler, C. R.; Lückert, M.; Hense, C. W.; Geser, S.; Schwarzmeier, R.; Ott, M.; Sandler, C. H.; Drechsel, B.; Wagner, A. (2021): Selber Erklärung. Ökologie und Ökonomie im Einklang, http://www.keramverbaende.de/content/de/aktuelles/assets/20210514_Selber%20Erkl%C3%A4rung.pdf

- Hübner, T.; Harper, R.; Kleinertz, B.; Roon, S. von (2021):** Transformationsstrategien für eine CO₂-neutrale Industrie: Use-Case Keramik. In *Keramische Zeitschrift* 73 (1), S. 26–31, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42410-021-0457-4>
- Hülsenberg, D. (2014):** Keramik. Wie ein alter Werkstoff hochmodern wird. Springer Vieweg: Berlin.
- Igbce.de (2021a):** Branche mit vielen Facetten. Tarifrunde Feinkeramik, <https://igbce.de/igbce/tarife/aktuelle-tarif-verhandlungen/tarifrunde-feinkeramik-2021/viele-facetten-der-feinkeramischen-industrie-189034>
- Igbce.de (2021b):** Heterogene Branche. Keramische Industrie, <https://igbce.de/igbce/ueber-uns/branchen/heterogene-branche-28512>
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie; Bundesverband Keramische Industrie; Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien (2020):** Gemeinsame Erklärung IG BCE, BKRI und BVKI zum nationalen Brennstoffemissionshandel in der Keramischen Industrie, <http://www.keramverbaende.de/content/de/aktuelles/assets/Gemeinsame%20Erkl%C3%A4rung%20IG%20BCE,%20BKRI%20und%20BVKI%20zum%20nationalen%20Brennstoffemissionshandel%20in%20der%20Keramischen%20Industrie.pdf>
- Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik (2019):** Beiträge für das 3. Aachener Ofenbau- und Thermo-prozess-Kolloquium, <https://www.aotk.rwth-aachen.de/aotk-2021/eingereichte-beitrage/>
- Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (2020a):** Intermittierende Mikrowellentrocknung für die Ziegel-industrie. Aktuelles Forschungsprojekt (AiF 20919 BG, https://www.izf.de/pdf_files/Intermittierende%20Mikro-wellentrocknung.pdf
- Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (2020b):** Neues Tunnelofenkonzept zum energieeffizienteren Brennen von Ziegeln. Kurzfassung des AiF-Abschlussberichts (IGF-Nr.: 13 EW BG, <https://www.izf.de/Neues%20Tun-nelofenkonzept%20zum%20energieeffizienteren%20Brennen%20von%20Ziegeln%20IGF-Nr.%2013%20EW%20BG.pdf>
- Janssen, R. (2020):** Die keramische Industrie und der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, <https://ee-ip.org/de/article/die-keramische-industrie-und-der-uebergang-zu-einer-kreislaufwirtschaft-1782>
- Jumo GmbH (2021):** Automatisierungssysteme für das digi-tale Zeitalter. In *Keramische Zeitschrift* 73 (2), S. 14, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42410-021-0471-6>
- Keramikfreunde.de (o. J.):** Gesellschaft der Keramik-freunde. Keramik ist unsere Leidenschaft!, <https://www.keramikfreunde.de/>
- Keramische Zeitschrift (2019a):** Energieeffizienz in Indus-trieöfen. In *Keramische Zeitschrift* 71 (4), S. 12, <https://doi.org/10.1007/s42410-019-0039-x>
- Keramische Zeitschrift (2019b):** Innovationszentrum in Shanghai eröffnet. In *Keramische Zeitschrift* 71 (1-2), S. 24, <https://www.springerprofessional.de/en/innova-tionszentrum-in-shanghai-eroeffnet/16515428>
- Keramische Zeitschrift (2020):** Ein Roboter namens Oskar. In *Keramische Zeitschrift* 72 (1), S. 16, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42410-019-0099-y>
- Keramverband.de (o. J.): Keramverband Selb:** Techni-schen Keramik – Werkstoffe – Begriffe und Definitionen, <http://www.keramverband.de/content/de/informatio-nen/werkstoffe/definitionen.php?li=20>
- Kollenberg, W. und Nikolay, D. (2017):** Additive Fertigung keramischer Bauteile, https://wzr.cc/wp-content/up-loads/2020/08/Keramikplus_veroeffentlichung.pdf
- Kremer, A. (2018):** Die Hoch-Energie-Industrien von Glas und Keramik im Lichte von Emissionen und Energie-reduktion. In *Keramische Zeitschrift* 70 (5), S. 20–21.
- Krug, C. und Reuß, K. (2017):** Digitalisierung in der Ke-ramischen Industrie: Erhebliche Unterschiede zwischen den Unternehmen. In: Vassiliadis, M. Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht, 205–228. Han-nover: Industriegewerkschaft Bergbau Chemie Energie.
- Lutz, C.; Becker, L.; Lehr, U. (2018):** Mögliche Engpässe für die Energiewende. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH (Hrsg.). GWS Research Report 2018/08.
- Mödinger, F. (2021):** Ist Wasserstoff eine Brennstoffalter-native für den traditionellen Ziegeltunnelofen? In *Kerami-sche Zeitschrift* 73 (1), S. 32–37.
- Rimpel, E.; Giese, A.; Nowakowski, T.; Schneider, T.; Martl, M.; Siefke, C.; Scherer, F.; Bem, T. (2020):** Energieeffizienz-steigerung durch die Nutzung heißer Kühlluft mit einem neuen Verbrennungskonzept, https://www.zi-online.info/de/artikel/zi_Energieeffizienzsteigerung_durch_die_Nut-zung_heisser_Kuehlluft_mit_einem_3588563.html

Röhrs, M. (2018): Ressourceneffizienz und Rohstoffsicherung – für die Wirtschaft zukunftsentscheidend. In *Keramische Zeitschrift* 70 (6), S. 22–23.

Röhrs, M. (2019): Die Steine- und Erdenindustrie, Bau-, Keramik- und Glasindustrie 2019 in Deutschland. In *Keramische Zeitschrift* 71 (3), S. 26–29.

Rottstegge, G. (2021): Keramische Innovation in Zeiten der Pandemie, <https://www.1200grad.com/keramische-innovation-in-zeiten-der-pandemie>

RWTH Aachen (2021): IGF-Projekt TTgoesH2 – Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger in die industrielle und gewerbliche Thermoprozesstechnik, <https://www.iob.rwth-aachen.de/forschung/industriofentechnik/igf-projekt-ttgoesh2/>

Salzen, T. von (2019): Innovationsforum „Hybrid-Heating“ leistet einen Beitrag zur Energiewende, <https://idw-online.de/de/news711872>

Schanze, R. (2018): Der Meister stirbt aus – Nachwuchs dringend gesucht. VDF-Mitgliedersammlung diskutiert die Weichenstellungen für die Zukunft, <https://www.1200grad.com/der-meister-stirbt-aus-nachwuchsdringend-gesucht>

Schott (2021): Schott will bis 2030 klimaneutral werden. In *Keramische Zeitschrift* 73 (1), S. 14, <https://www.springerprofessional.de/en/schott-will-bis-2030-klimaneutral-werden/18905188>

Sparkassen Finanzgruppe (2018): Branchenreport 2017. Herstellung von Keramik und Porzellan, <https://www.dsgv.de/content/dam/dsgv-de/sparkassen-finanzgruppe/downloads/Branchenreport-Herstellung-Keramik-Porzellan-2017.pdf>

Steinhaus, H. und Kraft, S. (2021): Branchenmonitor Keramikherstellung, <https://www.mitbestimmung.de/html/keramikherstellung-16750.html>

The American Ceramic Society (o. J.): Brief History of Ceramics and Glass | The American Ceramic Society, <https://ceramics.org/about/what-are-engineered-ceramics-and-glass/brief-history-of-ceramics-and-glass>

Umweltbundesamt (2021): Wassereinsatz des verarbeitenden Gewerbes, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/industrie/wassereinsatz-des-verarbeitungsgewerbes#wassernutzung-in-einzelnen-produktionsbereichen->

Villeroy & Boch AG (2020a): Effizienter Produktionseinsatz V&B Group, <https://www.villeroyboch-group.com/de/unternehmen/verantwortung/umwelt-und-energie.html>

Villeroy & Boch AG (2020b): Umwelterklärung 2019. Unternehmensbereich Tischkultur, Standorte Merzig und Torgau, https://www.villeroyboch-group.com/fileadmin/user_upload/unterschr_2019_UWE_UB_TK.pdf

Vorhauer, N.; Tretau, A.; Bück, A.; Prat, M. (2019): Microwave drying of wet clay with intermittent heating. In *Drying Technology* 37 (5), S. 664–678.

Vorwerk, K. (2020): Forschung gegen Verschwendung, <https://idw-online.de/de/news748768>

Voß, W. (2012): Innovationsprozesse in der keramischen Industrie – Möglichkeiten und Grenzen der Mitarbeiterbeteiligung, https://www.boeckler.de/pdf_fof/91367.pdf

Wenzelmann, F. & G. (2020): BIBB-Datenbank Tarifliche Ausbildungsvergütungen - Methodische Hinweise zur Revision der Berechnungsweise, <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/download/10818/1>

Wind Energy and Electric Vehicles magazine (2021): ORANGE.BAT, green hydrogen for sustainable ceramics. <https://www.evwind.es/2021/04/02/orange-bat-green-hydrogen-for-sustainable-ceramics/80208>

Zeit.de vom 22. April 2021: Bei Villeroy und Boch geht Jahresprognose nach oben. <https://www.zeit.de/news/2021-04/22/bei-villeroy-und-boch-geht-jahresprognose-nach-oben>

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (01/2020): Mannheimer Innovationspanel - Sonderauswertung. Tabelle 1.8.6. <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/K1.html> Dieses Werk ist lizenziert unter einer Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (02/2021a): Mannheimer Innovationspanel – Sonderauswertung. Tabelle 1.8.7. <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/K1.html> Dieses Werk ist lizenziert unter einer Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (02/2021b): Mannheimer Innovationspanel – Sonderauswertung. Tabelle 1.8.9. <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/K1.html> Dieses Werk ist lizenziert unter einer Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.

**Stiftung Arbeit und Umwelt
der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie**

Inselstraße 6
10179 Berlin
Telefon +49 30 2787 1325

Königsworther Platz 6
30167 Hannover
Telefon +49 511 7631 472

E-Mail: arbeit-umwelt@igbce.de
Internet: www.arbeit-umwelt.de

