

# Energiewende in der Industrie

Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor

## Branchensteckbrief der Keramikindustrie

**Bericht an:**

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie**

**von:**

Tobias Hübner, FfE  
Andrej Guminski, FfE  
Dr.-Ing. Serafin von Roon, FfE

**in Zusammenarbeit mit:**

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung  
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft  
BBG und Partner

Vorhaben: I C 4 – 80 14 38/42; Projekt-Nr. 42/17  
Projektnummer: SISDE17915  
27.08.2019

*Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.*

## INHALTSVERZEICHNIS

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. Keramikindustrie</b> .....                               | <b>1</b> |
| 1.1 Übersicht über die Keramikindustrie .....                  | 1        |
| 1.2 Produktionsprozesse in der Keramikindustrie .....          | 4        |
| 1.3 Chancen und Herausforderungen durch die Energiewende ..... | 7        |
| <b>2. Literaturverzeichnis</b> .....                           | <b>9</b> |

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

|                   |   |
|-------------------|---|
| BWS               | Bruttowertschöpfung   |
| CAGR              | Jährliche Wachstumsrate (engl. compound annual growth rate)   |
| CCS               | Carbon Capture and Storage  |
| CCU               | Carbon Capture and Utilisation  |
| CO <sub>2</sub>   | Kohlenstoffdioxid   |
| CO <sub>2</sub> e | Kohlendioxidäquivalent  |
| EEG               | Erneuerbare-Energien-Gesetz   |
| EU                | Europäische Union   |
| EU-ETS            | EU-Emissionshandelssystem   |
| GJ                | Gigajoule   |
| NACE              | System zur Klassifizierung von Wirtschaftszweigen (frz. Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne) |
| TWh               | Terrawattstunde   |

## 1. KERAMIKINDUSTRIE

Die Keramik- und Ziegelindustrien werden nach NACE Klassifikation dem übergeordneten Wirtschaftszeig der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden zugeordnet.

Keramische Werkstoffe sind wie Zement anorganisch und nichtmetallisch. Keramiken werden für heterogene Anwendungen eingesetzt und müssen folglich viele verschiedene Formen und Eigenschaften aufweisen. Hieraus hat sich wiederum eine vielfältige Unternehmensstruktur in Deutschland etabliert, die verschiedenste Keramiken produzieren. Insgesamt stellen 227 Unternehmen an 314 Produktionsstätten Keramiken in Deutschland her.<sup>2</sup>

### 1.1 Übersicht über die Keramikindustrie

**Branche.**<sup>3</sup> Die Keramikindustrie in Deutschland erzielte im Jahr 2016 einen Umsatz von ca. 5,5 Mrd. Euro.<sup>4</sup> Dieser Umsatz ist auf sechs eigenständige Wirtschaftszweige verschiedener Keramiken zurückzuführen: Haushaltskeramik, Sanitärkeramik, Technische Keramik, Wand- und Bodenfliesen, Ziegel und Feuerfeste Keramik.<sup>5</sup> Deutschland ist nach Italien der zweitgrößte Keramikproduzent in Europa. Der Exportanteil liegt je nach Wirtschaftszweig zwischen 25 bis 60 Prozent der deutschen Produktion.<sup>6</sup>

**Energiebilanz.** In der Keramikindustrie wird überwiegend thermische Energie eingesetzt. In den Fliesen- und Ziegelindustrien werden ca. 90 Prozent Erdgas und 10 Prozent Strom verwendet. In der Geschirr- und Feuerfestindustrie, sowie bei der Herstellung von Sanitärkeramik, ist der Stromanteil mit 15 Prozent etwas, in der Technischen Keramik mit ca. 25 Prozent deutlich höher. In der gesamten Keramikindustrie wird hauptsächlich Erdgas als fossiler Brennstoff genutzt (ca. 95 Prozent).<sup>7</sup> Je nach Produkt schwankt der spezifische Energieverbrauch jedoch erheblich. Das Brennen bildet dabei unabhängig vom Produkt den

Tabelle 1-1. Daten der Keramikindustrie für 2016<sup>3</sup>

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Produktionsstandorte                              | 294                   |
| Beschäftigte                                      | 33.452                |
| Bruttowertschöpfung (BWS)                         | 2,4 Mrd. €            |
| CAGR BWS  | 0,42 %<br>(2008-2016) |
| Jährliche Produktionsmengen                       | 11,2 Mio. t           |
| Gesamtenergieverbrauch                            | 11,4 TWh              |
| Stromverbrauch                                    | 1,4 TWh               |
| Thermischer Energieverbrauch                      | 10 TWh                |
| Erdgasverbrauch                                   | 8,6 TWh <sup>1</sup>  |
| Kohleverbrauch                                    | k.A.                  |
| Erdöl (Heizöl)                                    | k.A.                  |
| Gesamtemissionen in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äqui. | 3,36                  |
| Anteil der Emissionen im EU-ETS                   | 61 %                  |
| Eigenproduktions- & KWK-Anteil                    | Nicht relevant        |

<sup>1</sup> Dieser Wert kommt aus (Destatis, 2016a). Alle anderen energetischen Verbräuche sind auf (Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Bundesverband Keramische Fliesen e.V., 2018) basiert. Da die Summen der beiden Quellen aus statistischen Gründen um ca. 1 TWh abweichen, darf dieses Wert nicht direkt verglichen werden und dient eher dazu, eine Größenordnung zu geben.

<sup>2</sup> Destatis (2016b).

<sup>3</sup> Destatis (2018); Destatis (2016a); DEHSt (2018); Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Bundesverband Keramische Fliesen e.V. (2018).

<sup>4</sup> Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Bundesverband Keramische Fliesen e.V. (2018).

<sup>5</sup> Fleiter (2013).

<sup>6</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>7</sup> RWI (2013).

energieintensivsten Schritt der Keramikherstellung und liegt im Durchschnitt bei 80-90 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs.<sup>8</sup>

**Zuordnung zur amtlichen Statistik.** Die Keramik- und Ziegelindustrie wird der Kategorie mit NACE Code 23 zugeordnet. Zu dieser Unterkategorie gehören auch die Wirtschaftszweige der keramischen Industrie mit technischer Keramik (23.43 und 23.44), Fliesen (23.31), Ziegel (23.32), Haushaltswaren und Zierporzellan (23.41), Sanitärkeramik (23.42) und die feuerfeste Keramik (23.20). Wegen der Energieintensivität werden in der prozessspezifischen Betrachtung jedoch lediglich die technische Keramik, Ziegel, Fliesen und die feuerfeste Keramik detailliert betrachtet.<sup>9</sup>

**Geographische Aufteilung.** Die Keramikindustrie ist – mit sektorspezifischen Unterschieden – im gesamten Bundesgebiet verteilt. So liegen z. B. Schwerpunkte der Feuerfestindustrie in Rheinland-Pfalz sowie Nordrhein-Westfalen, wo hingegen die Geschirrinindustrie stark in Rheinland-Pfalz und Bayern zu finden ist. Die Ziegel- und Fliesenindustrie ist über das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland verteilt, wobei Schwerpunkte der Ziegelproduktion im Süden und im Norden des Landes. Abbildung 1-1<sup>10</sup> gibt einen Überblick über einige Standorte der Keramikindustrie in Deutschland.

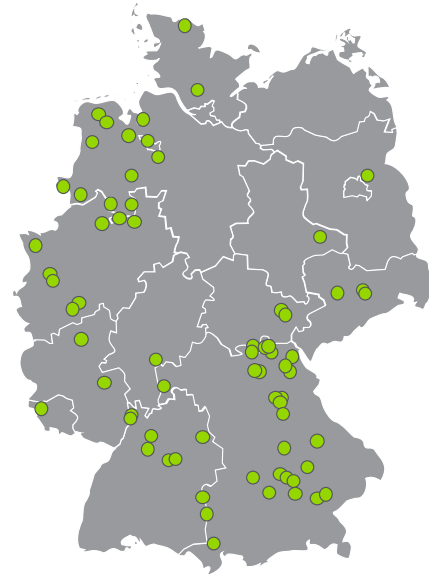


Abbildung 1-1. Ausgewählte Standorte der Keramikbranche<sup>10</sup>

**Branchenstruktur.** Die Keramikindustrie weist eine heterogene Struktur auf: Keramik wird u. a. für medizinische Güter, in Fahrzeugen oder in der Kommunikationstechnik und anderen High-Tech-Produkten sowie als Baustoff (Mauer- und Dachziegel, Wand- und Bodenfliesen sowie Sanitärkeramik) eingesetzt. Feuerfeste Anwendungen sind Schlüsseltechnologien, die bei industriellen Prozessen (z. B. Stahl und Glasherstellung) bei Temperaturen von 800 °C bis 1.850 °C eingesetzt werden. Die Größe von Keramikunternehmen variiert stark. Es existieren sowohl große, emissionshandelspflichtige Unternehmen mit hohen Produktionsmengen als auch kleine spezialisierte Unternehmen.

**Wertschöpfungskette.** Keramische Erzeugnisse werden für eine Vielzahl von Anwendungen in unterschiedlichen Materialzusammensetzungen, Formen, Größen sowie Farben und Produktionsprozessen hergestellt. Diese Unterschiede gelten auch für die Wertschöpfungskette in der Keramikindustrie. Der allgemeine Herstellungsprozess von keramischen Gütern ist zwar relativ einheitlich, im Detail jedoch sehr verschieden; teilweise ist ein mehrstufiger Brennprozess nötig.<sup>11</sup> Für die Keramik- und Zementindustrie (ohne Feuerfestindustrie und technische Keramik) sind vereinfachte Wertschöpfungsketten in

Abbildung 1-2 dargestellt.



<sup>8</sup> Fleiter (2013).

<sup>9</sup> Technische Keramik: 23.43 - Herstellung von Isolatoren und Isolierteilen aus Keramik, 23.44 - Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke und 23.49: Herstellung von sonstigen keramischen Erzeugnissen; Fliesen, sowie feuerfeste Keramik: 23.2 - Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren 23.31 - Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten, 23.32 - Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik.

<sup>10</sup> AGV (2018); VKI (2018b); Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V. (2018); Ziegel Zentrum Süd e.V. (2018).

<sup>11</sup> Europäische Kommission (2007).

## Abbildung 1-2. Vereinfachte Wertschöpfungskette der Keramikindustrie

**Flexibilität.** Aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von Forschungsarbeiten zur Lastflexibilisierung in der Keramikindustrie können genaue Flexibilitätspotenziale nicht abgeleitet werden. Da der Brennbetrieb der Hauptverbraucher von Energie ist, hängt die Flexibilität der Last von den Brennkurven und dem Start des Brennprozesses ab (periodische Öfen), kontinuierlich betriebene Öfen sind auf eine durchgängige, unterbrechungsfreie Energieversorgung angewiesen. Neben den eingesetzten Aufbereitungssystemen sind insbesondere die Ventilation (überwiegend Abgasfilterung) und hydraulische Pressen für einen nennenswerten Stromverbrauch verantwortlich und könnten elektrische Flexibilitätspotenziale bieten.<sup>12</sup> Auch hierzu sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich.

**Kreislaufwirtschaft.** Um Keramik zu verwerten, ist eine möglichst sortenreine Trennung der Materialien erforderlich. Altkeramik kann durch Recyclingprozesse teilweise (Ufoplan-Projekt) als Zuschlag für neue Materialmischungen dienen. Zudem kommt der Keramikschnitt in technischen Bauwerken und Bauprodukten, als Zuschlagstoff für Mörtel und Putze, oder als natürliches Schütt- oder Unterbaumaterial im Straßen-, Wege- und Landschaftsbau zum Einsatz. Analog zur Zementwiederverwertung ist beim Recycling von Keramik die schwierige und zeitaufwendige Reinigung und Trennung der keramischen Stoffe eine der Hauptproblematiken.<sup>13</sup> Stahlwerksausbrüche sowie Ausbrüche aus Glaspfannen werden heute schon zu hochwertigen Recyclatwerkstoffen in der Feuerfestindustrie wiederverwendet und somit natürliche Rohstoffressourcen substituiert. Da bei Hochtemperaturprozessen Teile des Verschleißes aber immer in die herzustellenden Produkte oder Schlacken verloren geht, ist ein hundertprozentiger Ersatz natürlicher oder synthetisierter Rohstoffe in der Feuerfestindustrie nicht möglich.

<sup>12</sup> Focken/Bümmerstede/Klobasa (2011).

<sup>13</sup> Kreislaufwirtschaft Bau (2017); Krauß/Werner (2016).

## 1.2 Produktionsprozesse in der Keramikindustrie

In Tabelle 1-2 sind die im Steckbrief untersuchten Produktionsprozesse zusammengefasst. Diese werden nachfolgend detaillierter untersucht.

Tabelle 1-2. Übersicht der wichtigsten Zwischen- und Endprodukte in der Keramikindustrie für das Jahr 2016<sup>14</sup>

| Produkt            | Produktionsmenge Deutschland in Mio. t. | Emissionen in Mio. t CO <sub>2</sub> | Energieverbrauch in TWh/a | Beinhaltete Prozessschritte   |
|--------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|---|
| Fliesen            | 0,9                                     | 0,3                                  | 2,0                       | Rohmaterial gewinnen, Masseaufbereitung, Formgebung, trocknen, Oberflächenbehandlung, Brennen / Sintern, Nachbehandlung |
| Technische Keramik | 0,1                                     | 0,2                                  | 0,73                      |   |
| Feuerfeste Keramik | 1,4                                     | 1                                    | 1,8                       |   |
| Ziegel             | 8,7                                     | 1,6                                  | 6                         |   |

In der heterogenen Keramikindustrie werden mehrere Produktionsprozesse untersucht. Die Keramikproduktion kann in sechs Hauptkategorien unterteilt werden: Fliesen/Platten, feuerfeste Keramik, Ziegel, technische Keramik, Haushaltswaren und Sanitärwaren.<sup>15</sup> Aufgrund der produzierten Menge (Fliesen, Ziegel und Feuerfeste Keramik) und des spezifischen Energiebedarfes (technische Keramik) sind vor allem Fliesen, die feuerfeste Keramik und die technische Keramik für die nachfolgende Betrachtung relevant.<sup>16</sup>

Trotz der Heterogenität von Keramikprodukten sind die Hauptschritte bei der Herstellung von Keramiken ähnlich. Abbildung 1-3 zeigt schematisch den typischen Prozess zur Herstellung von Keramiken. Das Verfahren besteht aus sieben Prozessschritten: Gewinnung der Rohmaterialien und Transport zum Keramikwerk sowie die Lagerung von Rohstoffen, die Masseaufbereitung der Rohstoffe, die Formgebung, die Trocknung, die Oberflächenveredelung und das Brennen, sowie die anschließende Nachbehandlung und Verpackung.<sup>17</sup>

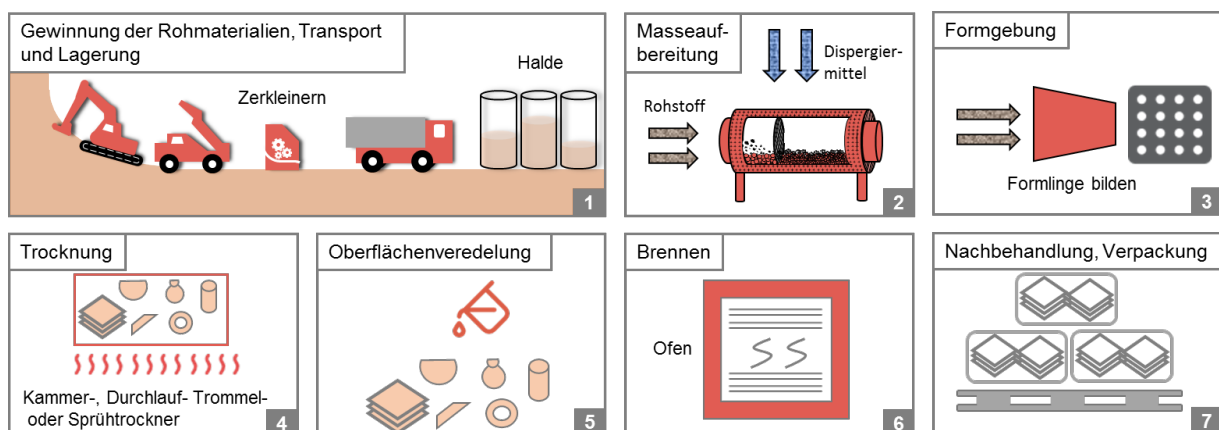


Abbildung 1-3. Vereinfachte Darstellung der Herstellungsschritte in der Keramikindustrie<sup>18</sup>

<sup>14</sup> Fleiter (2013); Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Bundesverband Keramische Fliesen e. V. (2018).

<sup>15</sup> Fleiter (2013).

<sup>16</sup> Fleiter (2013); Kollenberg (2013).

<sup>17</sup> Fleiter (2013); VDI (2017); Europäische Kommission (2007).

<sup>18</sup> Eigene Darstellung nach (VDI, 2017).

**Prozess.** Zu Beginn werden die Rohstoffe gewonnen und anschließend zum Keramikwerk transportiert. Hierbei werden natürliche und synthetische Rohstoffe sowie seltene Erden abgebaut und in der Keramikindustrie eingesetzt.<sup>19</sup> In Prozessschritt 2 wird die Rohstoffmasse aufbereitet, um dieser bestimmte Eigenschaften zu verleihen. Je nach Verwendungszweck oder Weiterverarbeitung werden die Rohstoffe grob- oder feinerzkleinert. Hierbei wird teilweise Abwärme des Brennofens in den Trockenmahanlagen verwendet. In der Masseaufbereitung werden Gieß-, Dreh-, Spritz- oder Knetmassen hergestellt. Hierbei kommt es auf das jeweils richtige Verhältnis von aufbereitetem Rohstoff und Dispergiermittel, Wasser und weiteren Zusatzstoffen an.<sup>20</sup> Im dritten Prozessschritt wird die Formgebung der Rohmasse vollzogen. Je nach Ausgangsmasse, Verwendungszweck und Weiterverarbeitung werden unterschiedliche „Formlinge“ gebildet. Gießmassen werden hierbei in die gewünschte Form gegossen und nach einer gewissen Scherbenbildungszeit entnommen.<sup>21</sup> Durch Trocknung wird die Restfeuchte der Formlinge in Prozessschritt 4 reduziert. Nach dem Brennen ist dies der energieintensivste Prozessschritt. Oftmals arbeitet die Trocknungsanlage in einem Wärmeverbund mit dem Brenner, um die Trocknung mit Abwärme aus dem Brennprozess zu ermöglichen. Dieser Prozessschritt kann zu Emissionen durch Bindemittel und ähnlichen Zusatzprodukten führen.<sup>22</sup> Anschließend wird die Oberfläche der getrockneten Keramik in Prozessschritt 5 mittels Glasuren, Engoben oder Dekorierung veredelt. Hierbei wird durch Glühbrand, Tauchen/Beigießen und durch einschmelzende Farbe eine Oberflächenbehandlung des Trockenguts vorgenommen.<sup>23</sup> Der Prozessschritt des Brennens bildet den energieintensivsten Schritt der Keramikherstellung. Hierbei wird das oberflächenbehandelte Trockengut durch Sintern in ein oder mehreren Bränden bei Temperaturen zwischen 500 bis 2.500 °C gefestigt.<sup>24</sup> Die Brenner werden hauptsächlich mit Gas- oder (seltener) Öl befeuert.<sup>25</sup> In Prozessschritt 7 werden die gesinterten Produkte nachbehandelt. Hierbei handelt es sich meist um eine mechanische Nachbearbeitung mit anschließender Qualitätskontrolle und Verpackung.<sup>26</sup>

**Bedarf an Rohstoffen.** In der Keramikindustrie werden drei Rohstoffkategorien eingesetzt: Natürliche Rohstoffe, synthetische Rohstoffe und seltene Erden. Natürliche Rohstoffe, wie Tone, werden in deutschen bzw. europäischen Lagerstätten gewonnen. Synthetische Rohstoffe, wie Aluminiumoxid, werden überwiegend importiert, jedoch auch in Deutschland aus importiertem Bauxit hergestellt.<sup>27</sup> Seltene Erden, wie Yttrium, werden in geringen Mengen benötigt und importiert. Bei den Fliesenkeramiken werden nahezu ausschließlich natürliche Rohstoffe eingesetzt. Im Bereich der Technischen Keramik finden hingegen fast nur synthetische Rohstoffe Anwendung. Bei Feuerfest-Keramiken werden sowohl natürliche, als auch synthetische Rohstoffe eingesetzt.<sup>28</sup>

**Brennstoffbedarf.** Der Brennstoffbedarf für keramische Industrien können aus dem spezifischen Brennstoffverbrauch nach (Fleiter, 2013) abgeleitet werden. Die spezifischen Brennstoffverbräuche sind für die einzelnen Keramiken durchaus heterogen.

**Strombedarf.** Der spezifische Stromverbrauch ist ebenfalls in (Fleiter, 2013) angegeben. In diesem Zusammenhang weist die technische Keramik mit 10,6 GJ/t ebenfalls den mit Abstand höchsten spezifischen Stromverbrauch auf. Feuerfeste Keramiken (1,0 GJ/t) und keramische Fliesen (0,8

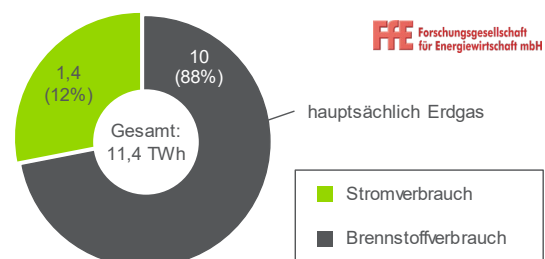


Abbildung 1-4. Strom- und Brennstoffverbrauch der gesamten Keramikindustrie<sup>29</sup>

<sup>19</sup> Fleiter (2013).

<sup>20</sup> VDI (2017).

<sup>21</sup> Fleiter (2013); VDI (2017).

<sup>22</sup> VDI (2017).

<sup>23</sup> Fleiter (2013); VDI (2017).

<sup>24</sup> VDI (2017).

<sup>25</sup> VDI (2017).

<sup>26</sup> Fleiter (2013).

<sup>27</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>28</sup> Kollenberg (2013); CERAME Unie (2013).



GJ/t) folgen mit deutlichem Abstand. Der absolute Stromverbrauch der ausgewählten Prozesse ist in Abbildung 1-4<sup>29</sup> dargelegt.

**Emissionen.** Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Keramikindustrie können aus den Emissionsfaktoren berechnet werden, die in (Stein/Rico/et al., 2010) für die jeweiligen Produktionsprozesse im Durchschnitt angegeben sind. Die technische Keramik weist die mit Abstand höchsten spezifischen Emissionen (5 t CO<sub>2</sub>e/t) der ausgewählten Prozesse auf. Keramische Fliesen, Ziegel und Feuerfestkeramiken verursachen hingegen deutlich niedrigere spezifische Emissionen (0,2, 0,7 bzw. 1 t CO<sub>2</sub>e/t).

**KWK.** KWK-Anlagen werden in der Keramikindustrie nicht eingesetzt.

---

<sup>29</sup> Fleiter (2013); VKI (2018a).

### 1.3 Chancen und Herausforderungen durch die Energiewende

Die deutsche Keramikindustrie wird als energie- und emissionsintensive Branche in besonderem Maße von der Energiewende beeinflusst. Zudem stehen die Unternehmen der keramischen Industrie intensiv im internationalen Wettbewerb mit ausländischen Herstellern. In der Keramikindustrie ist vor allem mit dem Ersatz von Festbrennstoffen durch Gase im Keramikbrenner ein wichtiger Schritt zur Senkung energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht.<sup>30</sup> Neben alternativer Brennstoffe bieten in der Keramikindustrie Biomasse und synthetische Brennstoffe die Möglichkeit, die CO<sub>2</sub>-Bilanz zu verbessern.<sup>31</sup> Die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen kann in diesem Zusammenhang wirtschaftlich eine Erfolgsbilanz sein, wenn die Energiekosten sinken und weniger Emissionszertifikate zugekauft werden müssen.

Allerdings kann die Einspeisung von Methan aus regenerativen Quellen (Biomasse oder Power-to-methan) in das bestehende Erdgasnetz negative Auswirkungen auf die Produktqualität und die Lebensdauer der Ofenauskleidungen bedeuten, wie das Projekt ErKer gezeigt hat. Die absoluten CO<sub>2</sub>-Einsparungen der Keramikindustrie sind jedoch begrenzt, da prozessbedingte Emissionen bei der Umwandlung der Ausgangsprodukte (z. B. Kalkstein) ab einer Temperatur von etwa 450 °C entstehen.<sup>32</sup>

Der Einsatz von CCS bzw. CCU könnte Abhilfe schaffen, wobei CCU den Vorteil bietet, aus dem abgeschiedenen CO<sub>2</sub> synthetische Brennstoffe für die brennstoffbasierten Prozesse der Keramikindustrie produzieren zu können. Das wiederum bietet die Chance, die Abhängigkeit von Importen zu reduzieren und, bei der Verfügbarkeit von Speichern, saisonale Preis-Spreads beim Energiebezug zu nutzen. In der Keramikindustrie ist der Abgasstrom im Gegensatz zur Zementindustrie für eine effiziente CO<sub>2</sub>-Abscheidung derzeit jedoch zu CO<sub>2</sub>-arm.<sup>33</sup> In der Keramikindustrie können z. B. durch die Teilelektrifizierung des Brenners<sup>34</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduziert werden.<sup>35</sup> Für große, kontinuierlich betriebene Tunnelöfen muss eine elektrische Beheizung erst noch entwickelt werden. Diese innovativen Klimatechnologien, die im Rahmen der Energiewende entwickelt werden, können an andere Unternehmen im In- und Ausland veräußert werden. In diesem Kontext sollten Verkaufserlöse durch Klimatechnologien bei Investitionsentscheidungen noch stärker in die Kosten/Nutzen-Abschätzung miteinbezogen werden. Eine adäquate Möglichkeit zur Reduktion von Energiekosten bietet die Nutzung von Flexibilität im Prozess. In der Keramikindustrie ist dies besonders relevant, da sich der Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten auf etwa 30 Prozent belaufen.<sup>36</sup> Durch die Vermarktung der Flexibilität am Regelleistungsmarkt oder die Nutzung für das Spitzenlastmanagement können beispielsweise nennenswerte Strombezugskosten eingespart werden. Deren Realisierbarkeit ist jedoch zu prüfen, da die Keramik-Produktion aus technischen und wirtschaftlichen Gründen auf ein hohes Maß an Kontinuität der Produktionsprozesse angewiesen ist.

Die deutsche Keramikindustrie ist als energieintensive Branche besonders auf wettbewerbsfähige und stabile energiepolitische Rahmenbedingungen angewiesen. Für die brennstoff- und stromintensiven Produktionsverfahren sind deshalb stabile Energiepreise essentiell.<sup>37</sup> Infolge der Energiewende entstehen demgemäß nicht nur Chancen, es ergeben sich auch Risiken für den Industriestandort Deutschland bzw. Europa, die es zu bewältigen gilt. Besonderes Augenmerk liegt derzeit auf dem Anstieg der Stromnetzentgelte in Folge der Energiewende. Für ausgewählte Segmente der Keramikindustrie ist hierbei eine wirksame Kostenbremse zum Schutz der internationalen Wettbewerbsfähigkeit bedeutend. In diesem Zusammenhang ist auch die Aufrechterhaltung der im Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) verankerten „Besonderen Ausgleichsregelung“ für energieintensive Industrien entscheidend.<sup>38</sup> In Wirtschaftszweigen mit hohem

<sup>30</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>31</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>32</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>33</sup> CERAME Unie (2013);

<sup>34</sup> Hybridisierung durch mikrowellenunterstütztes Brennen.

<sup>35</sup> CERAME Unie (2013); Europäische Kommission (2007); Weber/Hartmut/et al. (2010).

<sup>36</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>37</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>38</sup> Destatis (2018).

Personal-/Materialkostenanteil, wie z. B. in der technischen Keramik, entfaltet die besondere Ausgleichregelung aufgrund ihrer harten Abschneidegrenzen bei der Berechnung der Stromintensität jedoch keine Wirkung. Im Gegenteil; in diesen Wirtschaftszweigen ist die Differenz zwischen den Energiebeschaffungskosten und den tatsächlichen Energiegesamtausgaben relativ stärker ausgeprägt als im verarbeitenden Gewerbe insgesamt. Durch den hohen Anteil und der ohne CCS nicht zu vermeidenden prozessbedingten Emissionen bei der Keramikproduktion, sind zukünftige Produktionskosten zudem maßgeblich von der Ausgestaltung des EU-Emissionshandels abhängig. Technischen Produktbenchmarks stellen die Keramikindustrie in diesem Zusammenhang vor Herausforderungen. Im Kontext des EU-Emissionshandels ist ein Carbon-Leakage-Schutz erforderlich, um verlässliche Rahmenbedingungen für zukünftige Investitionen sicherzustellen und die internationale Konkurrenzdruck-Rechnung zu tragen. Dies trifft bei der heterogenen Keramikindustrie nur auf ausgewählte Produktionsprozesse zu: Insbesondere bei Hochtemperaturverfahren zur Herstellung feuerfester und technischer Keramik besteht ernsthafte „Carbon Leakage“-Gefahr.<sup>39</sup> Eine weitere Herausforderung im Rahmen der Energiewende entsteht infolge möglicher Doppelregulierungen durch nationale sowie europäische Vorgaben zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen.<sup>40</sup>

Zudem hat die Energiesystemstabilität für die Keramikindustrie oberste Priorität. Alle in der Keramikindustrie eingesetzten kontinuierlichen Prozesse erfordern eine unterbrechungsfreie, sichere und bezahlbare Brennstoff- und Stromversorgung.<sup>41</sup> Besonders bei Öfen und Brennern kann jede unvorhergesehene Unterbrechung schwere Schäden verursachen und zu mehrmonatigen Stilllegungen und Produktionsausfällen führen.

Neben hohen Energieträgerpreisen, regulatorischen Rahmenbedingungen und Systemstabilität ist die Verfügbarkeit und Durchdringung von Klimaschutztechnologien im Rahmen der Energiewende keineswegs als sicher anzunehmen. Lange Investitionszyklen von mehr als 60 Jahren in der Keramikindustrie und hohe Neuinvestitionskosten für Öfen erschweren den Technologiewandel.<sup>42</sup> Technologien, wie elektrische Industrieöfen in den benötigten Dimensionen, stehen auf absehbare Zeit nicht zur Verfügung, noch ist deren Betrieb mit Blick auf die hohen Strompreise wirtschaftlich nicht darstellbar. Zudem ist offen, ob diese Technologie uneingeschränkt anwendbar ist, da die Flammenberührung ein wichtiges Kriterium im Herstellungsprozess der meisten keramischen Produkte ist.

Die Erforschung und Implementierung disruptiver Technologien erfordert wesentliche personelle und finanzielle Ressourcen, bedarf Zeit sowie die Unterstützung durch die Politik.<sup>43</sup>

<sup>39</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>40</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>41</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>42</sup> CERAME Unie (2013).

<sup>43</sup> CERAME Unie (2013).

## 2. LITERATURVERZEICHNIS

- AGV (2018): Mitglieder im AGV, <[http://www.keramverbaende.de/ez/oz.asp?p=agv\\_mitglieder](http://www.keramverbaende.de/ez/oz.asp?p=agv_mitglieder)> [Zugriff 2018-05-16]  
*Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Bundesverband Keramische Fliesen e.V.* (Hrsg.) (2018):  
 Branchensteckbrief Keramik - Zahlen für 2016;., Berlin  
*CERAME Unie* (2013): Unser Weg ins Jahr 2050: Fahrplan der Keramikindustrie, Brussels  
*DEHSt* (2018): Treibhausgasemissionen 2017 - Emissionshandlungspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland  
 (VET-Bericht 2017)., Berlin  
*Destatis* (2016a): Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarb. Gewerbes sowie des Bergbaus und der  
 Gewinnung von Steinen und Erden: Tabelle 2: Energieverbrauch nach Energieträgern  
 – (2016b): Jahresbericht für Betriebe - Arbeitsunterlage - 2015 - Betriebe von Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes  
 sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden mit 20 und mehr tätigen Personen, Wiesbaden  
 – (2018): Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe:  
 Deutschland, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie) - 2008 und 2015, Wiesbaden, <[https://www-  
genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=57AC42A2DC554486C7F03F27D15A117E.tomcat\\_GO\\_2\\_2  
?operation=begriffsRecherche&suchanweisung\\_language=de&suchanweisung=42251](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=57AC42A2DC554486C7F03F27D15A117E.tomcat_GO_2_2?operation=begriffsRecherche&suchanweisung_language=de&suchanweisung=42251)>  
*Europäische Kommission* (2007): Ceramic Manufacturing Industry: Reference Document on Best Available Techniques in the,  
 <[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf)>  
*Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.* (Hrsg.) (2018): Fachverband Ziegelindustrie Nord e.V.: Über uns - Mitglieder., <[http://  
ziegel.de/frameset.php?m=zin](http://ziegel.de/frameset.php?m=zin)> [Zugriff 2018-05-16]  
*Fleiter, Tobias* (Hrsg.) (2013): Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen industrieller Prozesstechnologien: Einsparpotenziale,  
 Hemmnisse und Instrumente, Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2013  
*Focken, Ulrich/Bümmerstedt, Jens/Klobasa, Marian* (2011): Kurz- bis Mittelfristig realisierbare Marktpotenziale für die  
 Anwendung von Demand Response im gewerblichen Sektor, Karlsruhe  
*Kollenberg, Wolfgang* (2013): Keramikindustrie in NRW, Duisburg  
*Krauß, Oliver/Werner, Thomas* (2016): Potenziale eines hochwertigen Recyclings im Baubereich: Kurzanalyse Nr. 8, Berlin  
 3. Auflage, <<https://wdvs.enbausa.de/wp-content/uploads/2014/07/2014-Kurzanalyse-08-Recycling-im-Baubereich.pdf>>  
*Kreislaufwirtschaft Bau* (2017): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2014: Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib  
 mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014  
*RWI* (2013): Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft: - Monitoringbericht 2011 und 2012 36-52, <[http://  
www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/RWI\\_PB\\_Monitoringbericht-2011-und-2012.pdf](http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/RWI_PB_Monitoringbericht-2011-und-2012.pdf)>  
 [Zugriff 2018-11-06]  
*Stein/Rico/et al.* (2010): Keramische Industrie: Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus  
 dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung, Dessau-Roßlau  
*VDI* (2017): Emissionsminderung Keramikindustrie (VDI 2585).: Ausgefertigt am 2018-03, Düsseldorf  
*VKI* (2018a): Herstellerübersicht - Gesamtliste., <<http://www.keramverband.de/content/de/hersteller/hersteller.php?li=40>>  
 [Zugriff 2019-04-19]  
 – (2018b): Mitglieder im VKI - Bereich Technische Keramik, <[http://www.keramverbaende.de/ez/oz.asp?p=vki\\_mitglieder\\_tk](http://www.keramverbaende.de/ez/oz.asp?p=vki_mitglieder_tk)>  
 [Zugriff 2018-05-16]  
*Weber/Hartmut/et al.* (2010): Energieeffizienzverbesserung in der keramischen Industrie.: In: KRdL-Experten-Forum  
 „Energieeffizienz im Industriebau- und Ofenbau“, Bonn  
*Ziegel Zentrum Süd e.V.* (Hrsg.) (2018): Mitwirkende - Mitgliedsunternehmen, <<http://ziegel.de/frameset.php?m=zib>> [Zugriff  
 2018-05-16]