



Bedeutung der Gießerei-Industrie in einer Circular Economy

Insbesondere die Gießerei-Industrie nutzt schon heute zu einem großen Anteil Rohstoffe in weitgehend geschlossenen Kreisläufen.

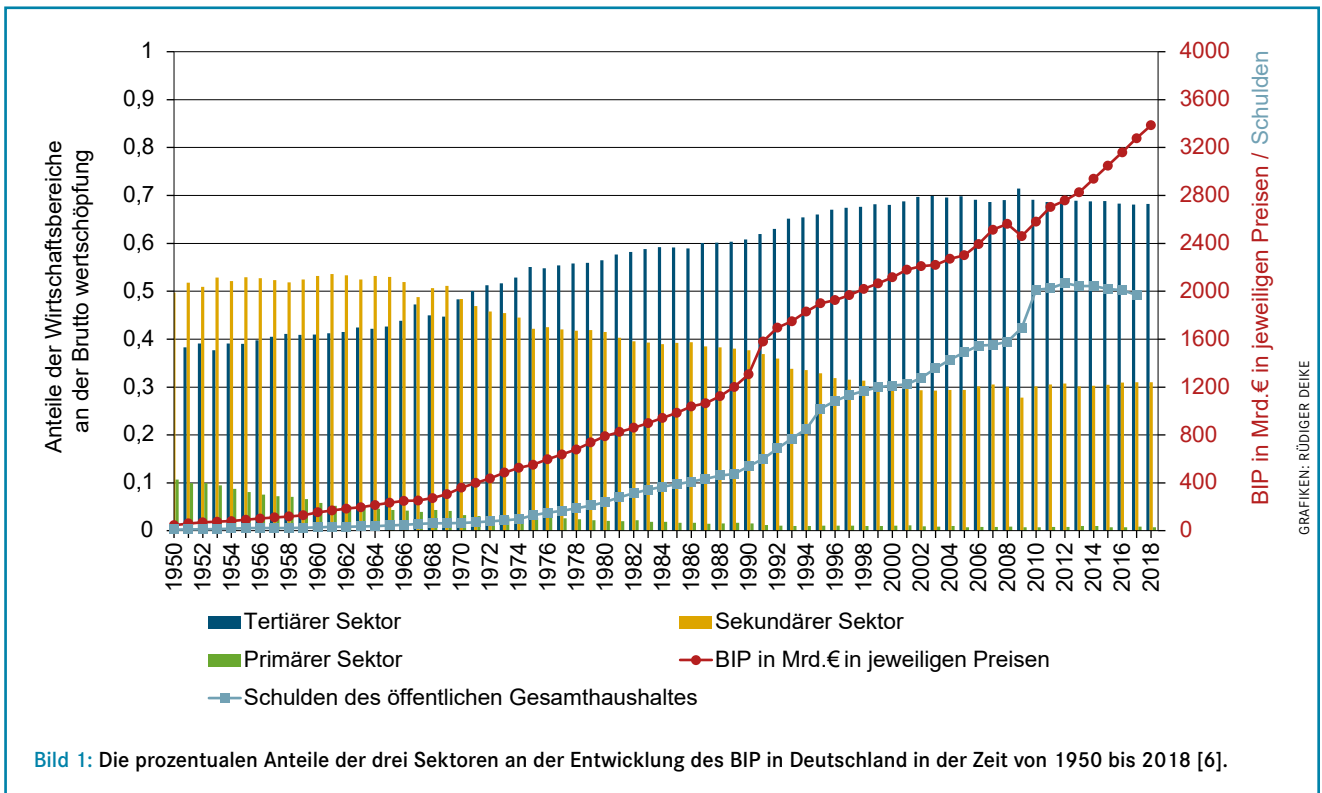
VON RÜDIGER DEIKE, DUISBURG

Ziel einer Circular Economy ist es, ein globales Wirtschaftswachstum mit einer so weit wie möglichen Entkopplung von weiter steigenden Rohstoffverbräuchen zu erreichen. Die Stahl-, Nicht-Eisen(NE)-Metall- und insbesondere die Gießerei-Industrie nutzen schon heute zu einem großen Anteil Rohstoffe in weitgehend geschlossenen Kreisläufen

und erfüllen damit diese Ziele in einem hohen Maße – allerdings wenig beachtet von der Öffentlichkeit und oft dafür kritisiert, viel Energie zu verbrauchen und CO₂ zu emittieren, was in der öffentlichen Wahrnehmung eher für ein negatives Image sorgt.

Nachdem die Bundesregierung erstmalig auf der UN-Konferenz in Johannesburg im Jahr 2002 die nationale Strategie zur nachhaltigen Entwicklung in Deutsch-

land präsentierte, wurde mit der neuen Version aus dem Jahr 2018 diese Strategie [1] aktualisiert. Dabei ging es vor allem darum, was getan werden muss, um global möglichst allen Menschen heute und insbesondere auch zukünftigen Generationen die Chancen zu ermöglichen, ein erfülltes und wirtschaftlich erfolgreiches Leben nach eigenen Vorstellungen führen zu können. Im Rahmen dieser Strategie wurden 17 Nachhaltigkeitsziele de-



finiert, zu denen neben der Abschaffung von Armut und Hunger unter anderem ein verantwortungsvoller Verbrauch von Rohstoffen und entsprechend verantwortungsvolle sowie nachhaltige Produktionsmodelle (Ziel Nr. 12) gehören. Diese sollen es ermöglichen, die natürlichen Ressourcen heute und für die Zukunft zu schützen. In diesem Zusammenhang wird es als unerlässlich bezeichnet, Produkte zu designen, die langlebig sind, die so ressourceneffizient wie möglich produziert werden und die sich in einem größtmöglichen Ausmaß nach ihrem Gebrauch wieder recyceln lassen.

Was nach einer ersten Einschätzung aufgrund bisheriger Erfahrungen als nicht möglich erscheint, hat es aber bei genauem Hinschauen in der Entwicklung der Welt in den letzten Jahrzehnten durchaus in bestimmten Bereichen gegeben, wird es wieder geben und wird sich besonders in Branchen noch weiter entwickeln lassen, in denen Rohstoffe zu einem hohen Anteil in weitgehend geschlossenen Kreisläufen nutzbar sind. Branchen, die das par excellence schon seit Jahrzehnten praktizieren sind die Stahl-, NE-Metall- und die Gießerei-Industrie.

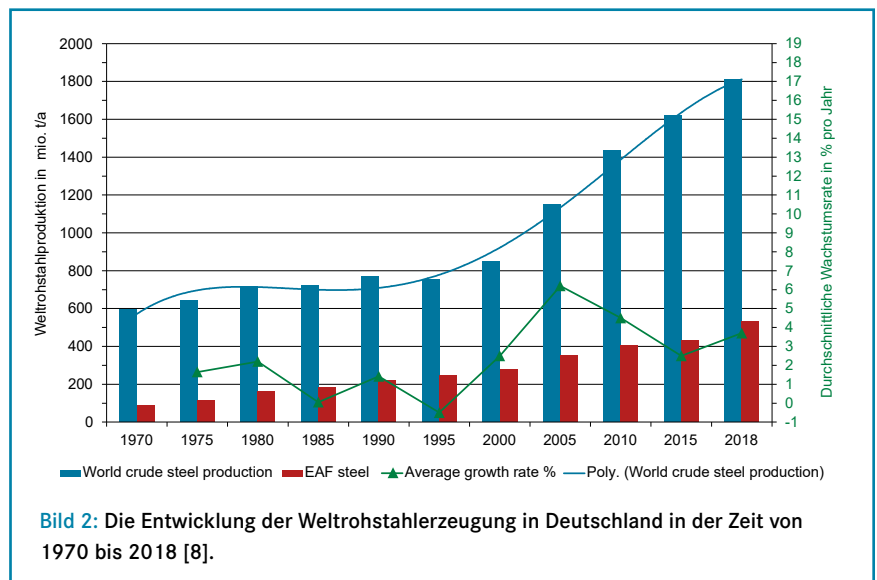
Was zeichnet die Herstellung von Metallen aus?

Die Herstellung von Eisen, Stahl und NE-Metallen ist naturgemäß mit einem hohen Energieaufwand verbunden, da existieren-

de chemische Bindungskräfte überwunden werden müssen, um die Metalle aus ihren Erzen gewinnen zu können. Diese Bindungskräfte werden durch chemische Reaktionen bei hohen Temperaturen überwunden, an denen heute sehr häufig Kohlenstoff beteiligt ist, der in zukünftigen Generationen unter Umständen durch Wasserstoff ersetzt werden kann, der über regenerative Energien erzeugt werden soll.

Die Herstellung von Eisen, Stahl und NE-Metallen zeichnet sich durch eine jahrzehntelange und kontinuierlich anhaltende Entwicklung aus, in deren Verlauf steigende Anteile an Sekundärrohstoffen (re-

cycled content), in der Regel in Form von Schrott aber auch Abfallstoffe anderer Art (Legierungsbriketts, Späne usw.), in den Herstellungsprozessen wiedereingesetzt und damit dem Wertstoffkreislauf erneut zugeführt werden. Das hat dazu geführt, dass in diesen Industrien die spezifischen Energieverbräuche und Emissionen pro Tonne hergestellten Produkts über die Jahrzehnte hinweg reduziert werden konnten und auch weiterhin reduziert werden können. Betrug im Jahr 1980 der spezifische Energieverbrauch pro Tonne flüssigem Stahl in einem integrierten Hüttenwerk noch 23 GJ/t, so sank er auf ca. 18 GJ/t im Jahr 2004 [2]. Im Vergleich



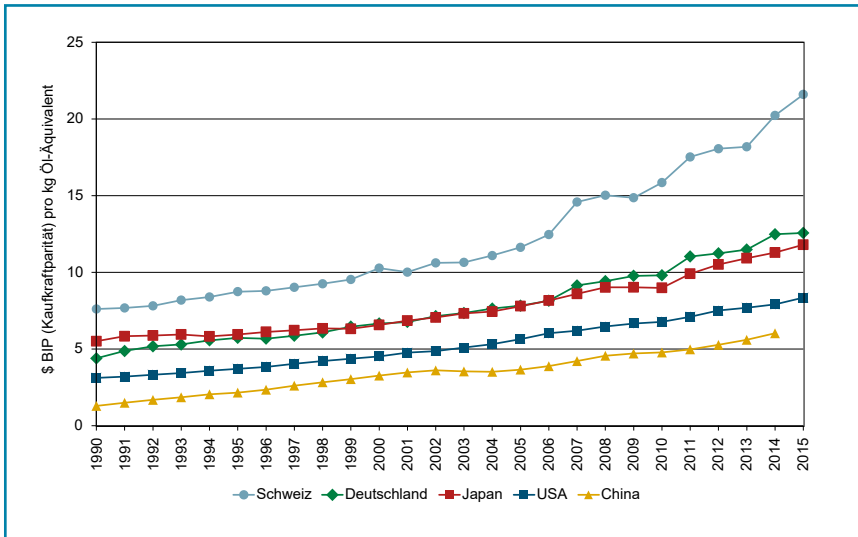


Bild 3: Die Entwicklungen der BIP verschiedener Nationen pro kg Öl-Äquivalent [9].

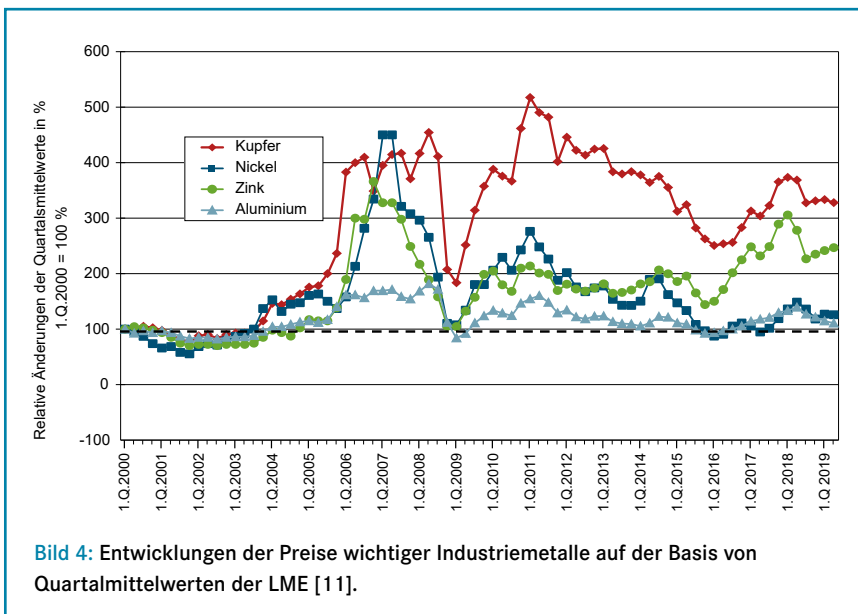


Bild 4: Entwicklungen der Preise wichtiger Industriemetalle auf der Basis von Quartalsmittelwerten der LME [11].

dazu liegt der spezifische Energieverbrauch in einem Elektrostahlwerk in Europa im Mittel bei 1,8 GJ/t flüssigen Stahls (500 kWh/t) [2] und damit trotz der höheren Temperaturen (1600-1700 °C) in der Größenordnung des mittleren Energieverbrauchs (580-600 kWh/t), der zur Herstellung einer Tonne Gusseisen (ca. 1500 °C) über einen Mittelfrequenzinduktionsofen (MF-Ofen) [3] erforderlich ist. Dass der mittlere Energieverbrauch zur Herstellung einer Tonne Gusseisen höher ist als der zur Herstellung einer Tonne Elektrostahl ist im Wesentlichen auf die kleineren Ofengrößen in den Gießereien und die daraus resultierenden Unterschiede in den Wirkungsgraden zurückzuführen. Aus diesen Daten wird ersichtlich, dass für die Herstellung von Metallen auf Basis von Sekundärrohstoffen in Form von Schrott – und das gilt darüber hinaus für alle Metalle – deutlich

weniger Energie notwendig ist als für die Herstellung von Metallen aus natürlichen Erzen, da in den Erzen die Metalle in chemischen Verbindungen vorliegen, aus denen sie erst befreit werden müssen. Dazu sind aufwendige Reduktions- und Raffinationsprozesse mit entsprechenden Energiemengen notwendig.

Somit handelt es sich bei industriellen Prozessen, in denen Sekundärrohstoffe (z.B. Schrott) in großen Anteilen eingesetzt werden und die damit geschlossenen Rohstoffkreisläufe sehr nahe kommen, wie es z.B. in der Gießerei-Industrie der Fall ist, um absolute Zukunftstechnologien, die der Strategie der Bundesregierung zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland bereits heute in einem hohen Maße entsprechen. In den nächsten 50 Jahren wird es die große Aufgabe auf der Welt sein, industrielle Prozesse zu entwickeln, in denen möglichst in weit-

gehend geschlossenen Rohstoffkreisläufen gearbeitet werden kann. In diesem Rahmen kommt der Herstellung von Gusseisen in Deutschland bereits heute eine außergewöhnliche Stellung zu, da die Rohstoffkreisläufe im Mittel mit Schrotteinsätzen von 80 bis 90 % weitgehend geschlossen sind. Dabei nimmt die Qualität der Gusseisenprodukte im Verlauf des Recyclings nicht ab, sondern wird besser, da im Verlauf der Lebensdauer eines Gusseisen-Produkts in der Forschung Werkstoffentwicklungen stattfinden, sodass nach dem Produktlebensende durch das Schrott-Recycling neue Produkte aus Gusseisen mit besseren Eigenschaften entstehen. Aus etwas Altem etwas Neues mit besseren Eigenschaften machen zu können, ist ein wesentliches Merkmal der Gießerei-Industrie und stellt die höchste Form des Recyclings dar. Zudem wird bei dieser Form der Metallherstellung spezifisch pro Tonne Metall weniger Energie verbraucht als bei der Primärherstellung.

Vor dem Hintergrund aktueller europäischer energie- und klimapolitischer Diskussionen besteht allerdings die Gefahr, dass diesen im internationalen Wettbewerb stehenden Branchen in Deutschland die wirtschaftliche Basis entzogen wird und wir uns gesellschaftlich von ressourcen- und energieeffizienten Zukunftstechnologien verabschieden, die dann in anderen Teilen der Welt unter Umständen weniger effizient betrieben werden.

Wo und wann hat es eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums von weiter steigenden Rohstoffverbräuchen gegeben?

Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs war die wirtschaftliche Entwicklung in Europa und in anderen Teilen der Welt [4] aufgrund des Wiederaufbaus durch eine Dominanz der industriellen Produktion in der marktwirtschaftlich organisierten westlichen Welt gekennzeichnet. Diese Situation entsprach nach der Drei-Sektoren-Hypothese von Clark, Fisher und Forastié [5] dem sekundären Sektor, der vor dem Krieg in Europa schon einmal existierte, dann zerstört wurde und nach dem Krieg auf Basis schon vorhandener industrieller Kenntnisse und Erfahrungen erneut entwickelt und mit einer sehr hohen Geschwindigkeit durchlaufen wurde. In Deutschland führte diese Entwicklung dazu, dass ab dem Jahr 1970 der Strukturwandel (Bild 1) vom sekundären Sektor (Industriegesellschaft) in den tertiären Sektor (Dienstleistungsgesellschaft) vollzogen wurde.

Deutschland ist heute ebenso wie die anderen traditionellen Industrienationen in Europa, Japan und den USA eine Dienstleistungsgesellschaft mit einem Anteil des sekundären Sektors (incl. Bauwirtschaft) von 30,4 % im Jahr 2015 [7]. Im Vergleich dazu betragen im Jahr 2015 die Anteile der sekundären Sektoren in Frankreich 19,8 %, in England 20 %, in den USA 20 %, in Japan 29,1 % und in China 41 %. Was ein Strukturwandel vom sekundären zum tertiären Sektor für die Rohstoff- und Energieverbräuche prinzipiell bedeutet, kann den **Bildern 2** und **3** entnommen werden.

Am Beispiel der Weltstahlproduktion ist sehr deutlich zu erkennen, dass wirtschaftliches Wachstum bei längerer Betrachtung nach logistischen Funktionen erfolgt, d.h. dass sich das Wachstum asymptotisch, mit immer geringer werdenden Wachstumsraten bestimmten Sättigungsgrenzen nähert, mit der Folge, dass auch die entsprechenden Rohstoffverbräuche nicht weiter zunehmen bzw. sogar abnehmen können. Aus Bild 2 ist zu entnehmen, dass in dem Zeitraum von 1970 bis 1995 abnehmende Wachstumsraten sogar zu einer absoluten Abnahme der Weltrohstahlproduktion in der Zeit von 1990 bis 1995 geführt haben. Tendenziell ähnliche logistische Wachstumskurven sind bei den weltweit produzierten Mengen an Aluminium, Kupfer, Nickel und Zink [4] ebenfalls zu erkennen, wobei mögliche Sättigungsgrenzen eher in der Zeit zwischen 1975 bis 1985 erreicht wurden, die allerdings nicht so deutlich wie beim Stahl sichtbar sind.

Diese Entwicklungen sind vor dem Hintergrund zu interpretieren, dass bis zum Zusammenbruch des kommunistischen Blocks ein Weltmarkt im eigentlichen Sinne nicht existierte [10], sondern es bis zum Jahr 1989 zwei Wirtschaftssysteme gab – das westliche, marktwirtschaftlich organisierte und das östliche, planwirtschaftlich organisierte System. Wobei sich globales wirtschaftliches Handeln im Wesentlichen auf das westliche Wirtschaftssystem bezog. In dieser Zeit wuchsen die Weltbevölkerung und auch die Weltwirtschaft, d.h. der Wohlstand nahm global zu, ohne dass mehr Stahl benötigt wurde, d.h. hier hat schon einmal durch den Strukturwandel vom sekundären in den tertiären Sektor in der westlichen, marktwirtschaftlich orientierten Welt eine Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Stahlverbrauch und den damit verbundenen Rohstoffverbräuchen stattgefunden.

Bezüglich des Energieverbrauchs ist aus Bild 3 zu entnehmen, dass in den Dienstleistungsgesellschaften mit 1 kg

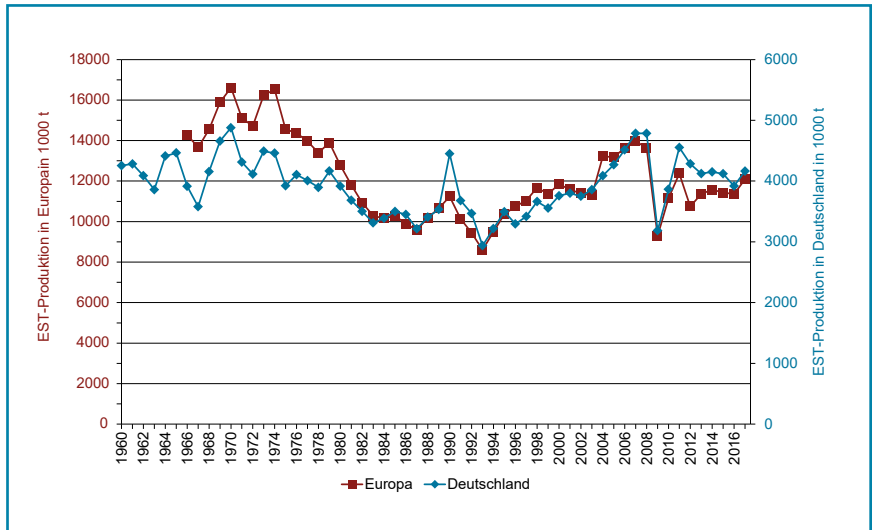


Bild 5: Die Entwicklungen der Eisen-, Stahl- und Temperegussproduktionen in Europa und Deutschland in der Zeit von 1960 bis 2017 [12].

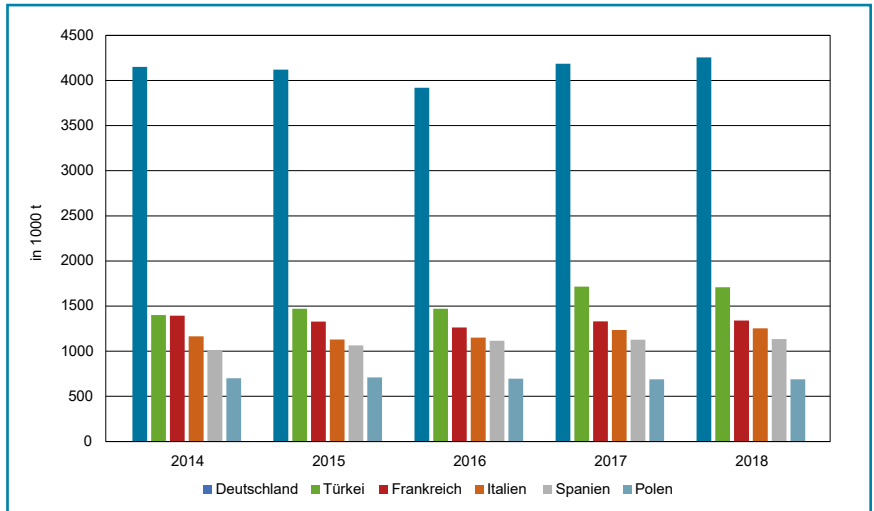
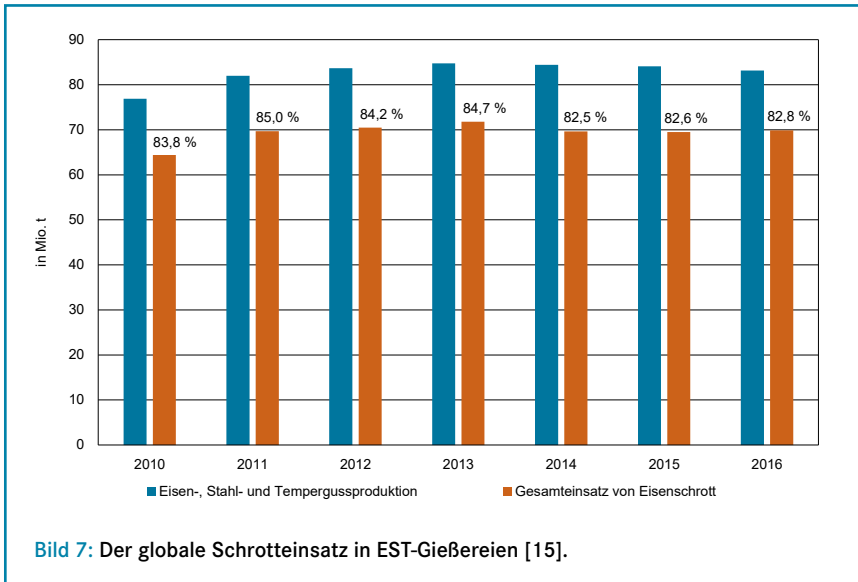


Bild 6: Die größten Eisen-, Stahl- und Tempereguss produzierenden Nationen in Europa [13].

Öl-Äquivalent deutlich mehr Bruttoinlandsprodukt (in US-\$) generiert werden kann als in einer Industriegesellschaft wie China. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass in Dienstleistungsgesellschaften das Wirtschaftswachstum mit spezifisch (pro \$-BIP) immer geringeren Energieverbräuchen erfolgt. Diese Entwicklungen könnten zu der Annahme verleiten, dass auf diese Weise die zukünftigen Probleme der Menschheit gelöst sind. Aus Bild 1 ist allerdings am Beispiel Deutschlands zu erkennen, dass der Wohlstand in den letzten Jahrzehnten in den traditionellen Industrienationen durch eine drastische Zunahme der öffentlichen Verschuldung erkauft worden ist, was sicherlich nicht als nachhaltig zu bezeichnen ist, da die Lasten dieser Entwicklung die zukünftigen Generationen zu tragen haben.

Aus Bild 2 ist aber des Weiteren zu entnehmen, dass die Weltrohstahlproduktion ab der Jahrtausendwende wieder in eine neue Phase extremen Wachstums und damit verbundener Rohstoffverbräuche eingetreten ist, die darauf zurückzuführen ist, dass in China im Jahr 1992 die Reformbewegung wieder aufgenommen und die Phase der intensiven Industrialisierung fortgeführt wurde. Dadurch wurde die Phase der Sättigung temporär aufgehoben und durch das industrielle Wachstum in China begann eine neue Phase exponentiellen Wachstums, die ebenfalls wieder durch eine Phase der Sättigung abgeschlossen werden wird, die möglicherweise schon begonnen hat. Denn es haben sich zwischenzeitlich Überkapazitäten auf dem Weltstahlmarkt herausgebildet, die im Jahr 2016 der Grund dafür waren, dass auf dem G20-



Gipfel in Hangzhou das „Global Forum on Steel Excess Capacity“ gegründet wurde, um die Ursachen für Überkapazitäten im Weltstahlmarkt zu analysieren und Wege zum Kapazitätsabbau aufzuzeigen.

Da die globalen Metallverbräuche durch die Entwicklungen in den letzten 20 Jahren im Wesentlichen durch die Verbräuche in China bestimmt werden, lassen sich in einem ersten Ansatz zukünftige Wachstumspotenziale an den jeweiligen Pro-Kopf-Verbräuchen abschätzen. Im Jahr 2014 betrug z.B. der Stahlverbrauch in China 521 kg/Kopf und in Deutschland 485 kg/Kopf [4], sodass vermutlich davon ausgegangen werden kann, dass der Stahlverbrauch in China nicht mehr sehr wesentlich zunehmen wird, insbesondere vor dem Hintergrund, dass im Jahr 2013 in China der tertiäre Sektor erstmals einen höheren Anteil als der sekundäre Sektor am BIP hatte [7]. Ausgehend von Erfahrungen der traditionellen Industriegesellschaften, dass der Strukturwandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft mit geringeren Raten des Wirtschaftswachstums und geringeren Rohstoffverbräuchen einhergeht, müssen die Preisentwicklungen bei ausgewählten Rohstoffen (Bild 4) auch vor diesem Hintergrund interpretiert werden. Es ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass die Entwicklungen der Metallpreise zukünftig sehr wesentlich durch den anstehenden Strukturwandel in China beeinflusst werden.

Aus Bild 4 ist zu entnehmen, dass sich die Preise für Aluminium und Nickel wieder auf einem Niveau bewegen, wie es in etwa zum Jahr 2000 existierte. Demgegenüber sind bei Zink und Kupfer nach wie vor deutlich höhere Preise zu erkennen. Die Preissteigerungen beim Zink [4] sind darauf zurückzuführen, dass durch

Minenschließungen das Angebot verringert wurde, wohingegen es beim Kupfer solche Veränderungen nicht gegeben hat.

Geringere Verbräuche primärer metallischer Rohstoffe durch steigende Anteile an Sekundärrohstoffen

Die Eisen-, Stahl- und Temperegießerei-Industrie (EST) hat in Europa und Deutschland in der Folge des strukturellen Wandels die gleiche Entwicklung wie die Stahlindustrie seit dem Beginn der 70-er Jahre durchlaufen. Aus Bild 5 ist zu entnehmen, dass die EST-Produktion in Europa von ca. 16 Mio. t/a im Jahr 1970 auf 9 Mio. t/a im Jahr 1993 gefallen und dann aber wieder in der Folge des Mauerfalls und des globalen Wachstums auf 14 Mio. t im Jahr 2008 angestiegen ist. Nach der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 liegt die Produktionsmenge derzeit bei 11-12 Mio. t/a. In Deutschland ist tendenziell die gleiche Entwicklung zu sehen, wobei die EST-Produktion von fast 5 Mio. t/a im Jahr 1970 auf 3 Mio. t/a im Jahr 1993 gefallen und dann aber fast wieder auf 5 Mio. t/a bis zum Jahr 2008 angestiegen ist. Aktuell liegt die EST-Produktion in Deutschland in einer Größenordnung von ca. 4 Mio t/a. Im Hinblick auf den Vergleich der Entwicklungen der EST-Produktion in Europa und Deutschland ist anzumerken, dass in Deutschland am meisten Eisen-, Stahl- und Tempereguss in Europa produziert wird (Bild 6), sodass die Entwicklung in Europa sehr wesentlich durch die Entwicklung in Deutschland beeinflusst wird.

Die Bilder 5 und 6 zeigen die Leistungsfähigkeit der EST-Gießereien in Europa, die in einem globalen Wettbewerb ihre Produktionsmengen seit Beginn der

90er-Jahre aus dem Tief heraus wieder steigern konnten. Seit dieser Zeit wird der globale Wettbewerb sehr wesentlich durch die Produktionssteigerungen in China geprägt, die dazu geführt haben, dass sich China zu der größten globalen Eisen-, Stahl- und Tempereguss produzierenden Nation mit 35,5 Mio. t/a [14] im Jahr 2017 entwickelt hat.

Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und weitgehend geschlossener Rohstoffkreisläufe ist diese Entwicklung in Europa und Deutschland umso bedeutender, da hier Eisen-, Stahl- und Tempereguss überwiegend aus Schrott als metallischem Einsatzstoff hergestellt wird. Weltweit liegen die Schrottanteile bei der Herstellung von Eisen-, Stahl- und Tempereguss in einer Größenordnung von 82 bis 85 % (Bild 7), womit die Gießerei-Industrie ein Beispiel dafür ist, dass weitgehend geschlossene Rohstoffkreisläufe keine Fiktion sind, sondern Realität sein können.

Damit entsprechen die Eisen-, Stahl- und Temperegießereien in einem hohen Maße der Strategie der Bundesregierung zur nachhaltigen Entwicklung, da, durch ein hohes Maß an Recycling aufgrund der Verwendung von Sekundärrohstoffen im metallischen Einsatz, schon heute verantwortungsvoll mit den natürlichen Ressourcen umgegangen wird, um sie so für die Zukunft zu schützen.

Allerdings muss auch darauf hingewiesen werden, dass vor dem Hintergrund aktueller gesellschaftlicher energie- und klimapolitischer Diskussionen die Gefahr besteht, dass den EST-Gießereien und anderen metallurgischen Unternehmen, die sich bisher im internationalen Wettbewerb gut behaupten konnten, die wirtschaftliche Basis entzogen wird. So betrug z.B. im Jahr 2010 die Produktion von rostfreiem Stahl, die ausschließlich aus Schrott in Elektrolichtbogenöfen erfolgt, in Deutschland 1,5 Mio. t/a bei einer europäischen Gesamtproduktion von 7,5 Mio. t/a [12]. Damit war Deutschland in Europa die Nation, welche die größten Mengen an rostfreiem Stahl in sehr weitgehend geschlossenen Rohstoffkreisläufen produzierte. Im Jahr 2016 betrug bei einer nahezu konstanten europäischen Produktionsmenge von 7,3 Mio. t/a der Anteil der deutschen Produktion noch 0,4 Mio. t/a, da zwei Elektrolichtbogenöfen in Deutschland stillgelegt wurden und der flüssige Stahl heute in Finnland und Schweden produziert wird.

Von daher ist an dieser Stelle (Bild 8) ganz deutlich darauf hinzuweisen, dass es nachhaltige Produktionsmodelle gemäß Ziel Nr. 12 der Nachhaltigkeitsstrategie mit weitgehend geschlossenen Roh-

stoffkreisläufen in Deutschland zukünftig nicht geben wird, wenn es keine Gießereien, Stahlwerke und NE-Metallbetriebe mehr geben sollte.

Aus Bild 8 ist zu entnehmen, dass es in einer zu entwickelnden Circular Economy nicht nur darum geht, Produkte nach dem Ende ihres Lebenszyklus in den Wertstoffkreislauf zurückzuführen, sondern auch darum, Verluste während der Produktion in Form von Metallen und Metalloxiden in Schlacken und Filterstäuben, in Form von verölten Bearbeitungsspänen und -schlämmen usw. zu minimieren, in dem sie recycelt und wieder eingesetzt werden können. Je nach Metallsorte gibt es heute schon unterschiedliche Verfahren zu ihrer Rückgewinnung aus diesen Abfällen. Da die Metalle in diesen Abfällen in dissipativen Verteilungen und sehr häufig in Form von Oxiden vorliegen, müssen diese Recyclingprozesse besondere technische und wirtschaftliche Anforderungen erfüllen, wobei die neuen Produkte bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzungen idealerweise eine gewisse Toleranz aufweisen, was z.B. die Herstellung von Gusseisen mit Lamellengrafit auszeichnet. Metalle in noch stärkerem Maße in Kreisläufen zu nutzen, bedeutet sich zukünftig darauf zu konzentrieren, die Verluste im Verlauf des Lebenszyklus eines Metalls zu reduzieren und hier zeichnen sich Gussprodukte ebenfalls durch ihre endformnahen Produkteigenschaften aus.

Fazit

Im Rahmen der Strategie der Bundesregierung zur nachhaltigen Entwicklung wird unter anderem darauf hingewiesen, dass ein verantwortungsvoller Verbrauch von Rohstoffen und entsprechend verantwortungsvolle sowie nachhaltige Produktionsmodelle entwickelt werden müssen, die es ermöglichen, die natürlichen Ressourcen heute und für die Zukunft zu schützen. In diesem Zusammenhang wird es als unerlässlich bezeichnet, Produkte zu designen, die langlebig sind, die so ressourceneffizient wie möglich produziert und die in einem größtmöglichen Ausmaß nach ihrem Gebrauch wieder recycelt werden können.

Die Herstellung von Eisen, Stahl und Nicht-Eisen(NE)-Metallen ist naturgemäß mit einem hohen Energieaufwand verbunden, da existierende chemische Bindungskräfte überwunden werden müssen, um die Metalle aus ihren Erzen gewinnen zu können. Sie zeichnet sich aber auch durch eine jahrzehntelange und kontinuierlich anhaltende Entwicklung aus, in deren Verlauf steigende Anteile an Se-

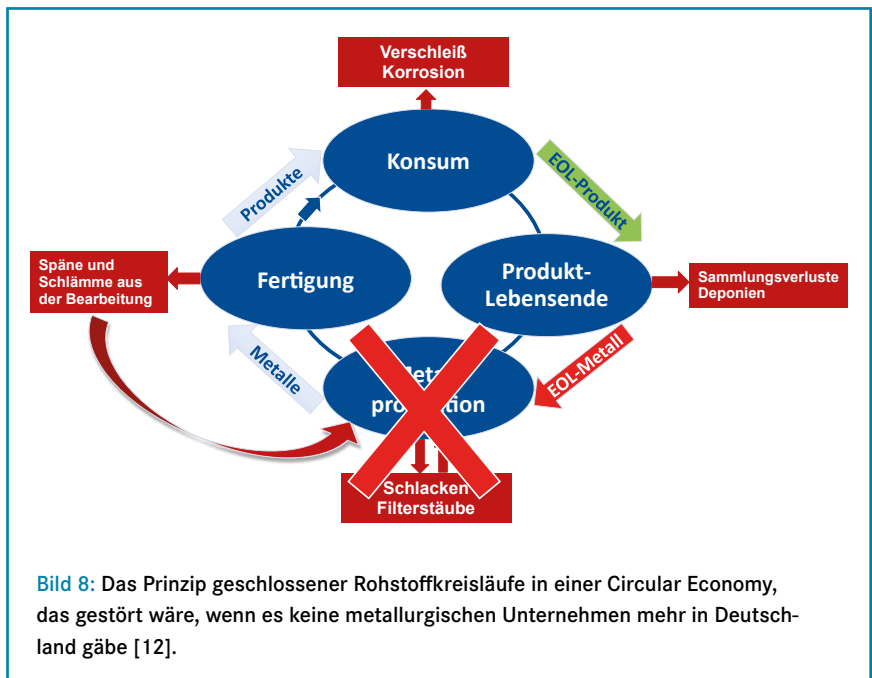


Bild 8: Das Prinzip geschlossener Rohstoffkreisläufe in einer Circular Economy, das gestört wäre, wenn es keine metallurgischen Unternehmen mehr in Deutschland gäbe [12].

kundärrohstoffen, in der Regel in Form von Schrott aber auch Abfallstoffen anderer Art (Legierungsbriketts, Späne, usw.), in den Herstellungsprozessen wiedereingesetzt und damit dem Wertstoffkreislauf erneut zugeführt werden können. Das hat dazu geführt, dass in diesen Industrien die spezifischen primären Rohstoffverbräuche, Energieverbräuche und Emissionen pro Tonne hergestellten Produkts über die Jahrzehnte hinweg reduziert werden konnten und auch weiterhin reduziert werden können.

Die Eisen-, Stahl- und Tempergießerei-Industrie hat in Europa und Deutschland in der Folge des strukturellen Wandels die gleiche Entwicklung wie die Stahlindustrie seit dem Beginn der 70er-Jahre durchlaufen. Wobei sich die Leistungsfähigkeit der EST-Gießereien in Europa und Deutschland dadurch auszeichnet, dass sie im globalen Wettbewerb ihre Produktionsmengen seit Beginn der 90er-Jahre aus dem Tief heraus wieder steigern konnten. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und weitgehend geschlossener Rohstoffkreisläufe ist diese Entwicklung umso bedeutender, da Eisen-, Stahl- und Temperguss überwiegend auf Schrott als metallischem Einsatzstoff basieren. Die Gießerei-Industrie ist damit ein Beispiel dafür, dass weitgehend geschlossene Rohstoffkreisläufe keine Fiktion sondern Realität in großindustriellen Prozessen sind.

www.uni-due.de/mus/

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Universität Duisburg-Essen, Institut für Technologien der Metalle (ITM), Lehrstuhl für Metallurgie der Eisen- und Stahlerzeugung, Duisburg

Literatur

- [1] <https://www.bundesregierung.de/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-aktualisierung-2018-download-bpa-data.pdf?download=1>
- [2] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/367/dokumente/bvt-merkblatt_eisen-_und_stahlerzeugung_endfassung.pdf
- [3] Dötsch, E.: *Induktives Schmelzen und Warmhalten*, 2. Aufl. Vulkan Verlag GmbH, Essen, 2013
- [4] Deike, R.: *Giesserei 104* (2017), Nr. 6, 64-73
- [5] Fourastié, J.: *Die große Hoffnung des 20. Jahrhunderts*, Bund-Verlag, Köln, 1969
- [6] <https://www.destatis.de>
- [7] <https://www.oecd.org/>
- [8] World Steel Association, www.worldsteel.org, 2017
- [9] www.worldbank.org/databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
- [10] Taube, M.: *Duisburger Arbeitspapiere Ostasienwissenschaften Nr.51*, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, 2003
- [11] London Metals Exchange, www.LME.com,
- [12] Deike, R.: *What the EU wants for the future, the foundry industry is doing it today!*, WFO-TECHNICAL FORUM AND 59th IFC PORTOROZ 2019, Portoroz, 19.09.19
- [13] CAEF – The European Foundry Association, 2018
- [14] <https://www.globalcastingmagazine.com/wp-content/uploads/2019/>
- [15] https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/World-Steel-Recycling-in-Figures-2014-2018.pdf