

DIE BEDEUTUNG DER METALLE IN EINER CIRCULAR ECONOMY

AUTOR:

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

EINLEITUNG

Waren die 17 Nachhaltigkeitsziele¹ die auf der UN-Vollversammlung 2015 beschlossen wurden, noch als eine Vision formuliert wie eine bessere Welt mit mehr Wohlstand und weniger Ressourcenverbrauch erreicht werden kann, so treten wir jetzt in eine Zeit ein, in der Teile dieser Vision beginnen Gesetze² zu werden. So rückt mit dem Circular Economy Action Plan³ der EU die Bedeutung der Nachhaltigkeit und die Entwicklung nachhaltiger Prozesse in den Fokus der europäischen Politik. Was nachhaltig ist und was nicht, soll beschrieben, klassifiziert und gezielt gefördert werden, z.B. auch durch die Steuerung von Finanzströmen und Finanzierungsmodellen. So wichtig und zukunftsweisend die Betonung der Nachhaltigkeit und die Förderungen entsprechender Wege dorthin auch sind, existieren doch gewisse Bedenken, ob das, was in Verwaltungen politischer Institutionen und Unternehmen der Finanzindustrie relativ leicht beschrieben, juristisch definiert und dann beschlossen wird auch immer technisch umsetzbar ist. Denn auch eine Circular Economy hat naturwissenschaftliche und technische Grenzen die unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit schlichtweg zu akzeptieren sind.

Die Entwicklung der Nachhaltigkeit ist aber auch im Zusammenhang mit strukturellen Veränderungen in Volkswirtschaften zu betrachten. Die Entwicklungen im Bereich der Metalle⁴ zeigen, dass in den traditionellen Industriegesellschaften in Europa und Japan zu Beginn der 1970er Jahre strukturelle Veränderungen von Industrie- zu Dienstleistungsgesellschaften stattgefunden haben, die in der Tat temporär sehr deutlich in der globalen Metall-, Stahl- und Gießereindustrie dazu geführt haben, dass der Pro-Kopf-Verbrauch von Stahl und Gusserzeugnissen in der Zeit zwischen 1970 und 1995 nicht mehr zugenommen hat und zum Teil sogar die absoluten Verbräuche⁵ bei einer wachsenden Weltbevölkerung abgenommen haben. Hier hat also eine Entmaterialisierung des globalen Wirtschaftswachstums in ausgewählten Bereichen schon einmal stattgefunden. Mit der Industrialisierung in China endete diese Entwicklung und es hat wieder ein exponentielles Wachstum mit extremen Roh-

stoffverbräuchen und Preissteigerungen in der ersten Dekade dieses Jahrhunderts stattgefunden. Diese Entwicklung ist aber vorüber und sehr wahrscheinlich wird in den nächsten zwei Jahrzehnten auch in China der Strukturwandel von einer Industrie- zu einer Dienstleistungsgesellschaft vollzogen sein.

WELCHES SIND DIE CHARAKTERISTISCHEN ELEMENTE EINER CIRCULAR ECONOMY?

Über allem steht das Ziel, globalen Wohlstand durch Wirtschaftswachstum zu generieren und dabei möglichst weniger energetische und nicht-energetische Rohstoffe zu verbrauchen. Die wichtigsten Wertschöpfungsketten die im Circular Economy Action Plan der EU³ definiert werden, sind in **Bild 1** dargestellt.

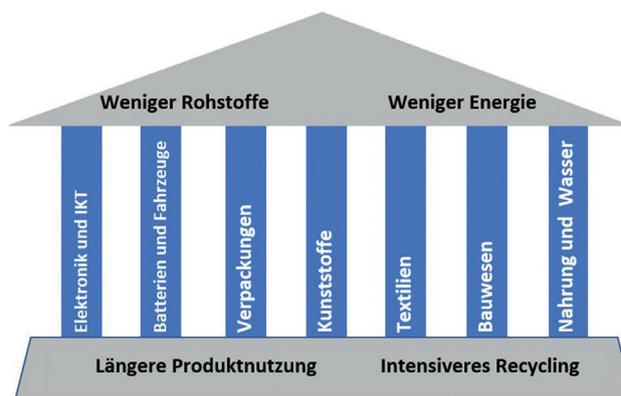


Bild 1: Wichtige Wertschöpfungsketten gemäß dem Circular Economy Action Plan der EU.

In diesen Wertschöpfungsketten müssen zukünftig weniger Energie und Rohstoffe verbraucht werden, was dadurch zu erreichen ist, dass nachhaltige Produkte (**Bild 2**) designed werden, die länger genutzt und auch wieder repariert werden können, wie das bereits vor Jahrzehnten der Regelfall war. Im Zentrum dieses Denkens und Handels muss das Öko-Design⁶ stehen, das in der Vergangenheit schon praktiziert wurde, ohne dass man es

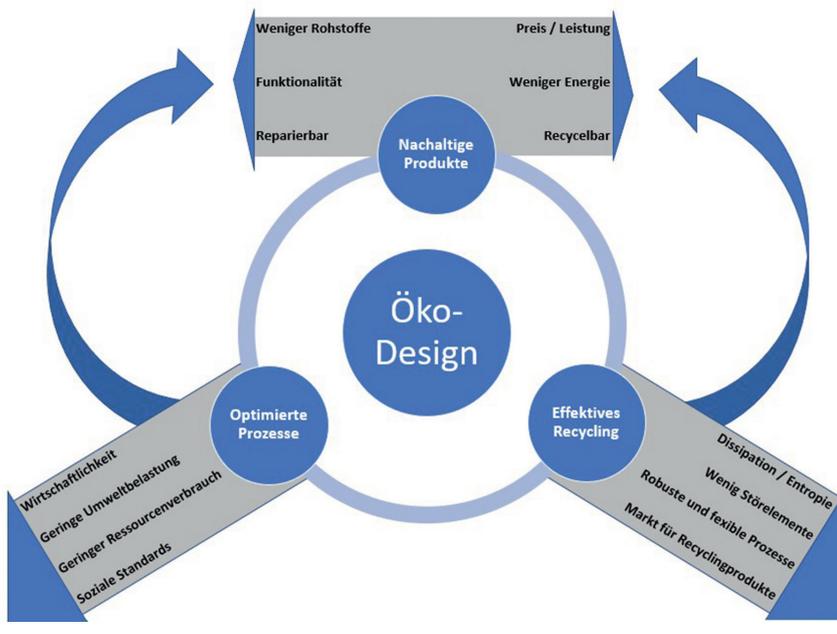


Bild 2: Grundlegende Elemente und Beziehungen in einer Circular Economy.

so genannt hat. Im Verlauf der globalen wirtschaftlichen Entwicklung und mit der Entstehung gereifter Märkte, die typischer Weise durch einen zunehmenden Wettbewerb gekennzeichnet sind, war dieses Prinzip im Zeitalter der schnellen Produktwechsel, die weiterhin gewohnte Marktanteile garantieren sollten, nicht mehr en vogue. Trotzdem wurde nach der Einführung des Begriffes über das Öko-Design in den letzten Jahrzehnten intensiv diskutiert und geforscht, nur wirklich umgesetzt wurde wenig und wenn überhaupt neben Glas und Papier im Bereich der Metalle, wo seit Jahrzehnten unter der Verwendung von steigenden Anteilen an Schrott immer wieder neue Produkte hergestellt werden.

Möglicherweise befinden wir uns aber in einer Phase, in der tatsächlich dem Öko-Design die viel beschworene Relevanz in der realen wirtschaftlichen Welt zukommt. Somit wird in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten sein, dass tendenziell das Aufkommen von Neuprodukten weniger stark wachsen bzw. unter Umständen sogar stagnieren wird, dafür aber höherwertige Produkte produziert werden.

Parallel dazu werden sich neue Geschäftsfelder entwickeln, was bereits zu beobachten ist, in denen Produkte mit entsprechenden gesicherten Qualitätsgarantien instandgesetzt und als Refurbish-Produkte wieder erneut auf den Markt kommen werden. Ein Blick ins Internet zeigt, dass im Smartphone-Business dieses Geschäftsmodell bereits etabliert ist. Gebrauchte Autos sind seit Jahrzehnten feste Bestandteile des Automobilgeschäfts und uns bestens bekannt. Die aktuelle Situation zeigt, dass bei langen Wartezeiten für Neuwagen das Geschäft mit Gebrauchtwagen wächst, die dann auch dementsprechend repariert werden müssen, um sie mit Qualitätsgarantien verkaufen zu können. Zunehmende Entwicklungen dieser Art werden dazu führen, dass teilweise verlorene Arbeitsplätze im Bereich der Neuproduktion durch ähnliche Arbeitsplätze, allerdings im Bereich der Instandhaltung und Reparatur nachhaltig ersetzt

werden. Unter diesem Aspekt werden Produzenten zukünftig verstärkt daran interessiert sein, auch in der Phase der Produktnutzung, auf ihre hochwertigen Produkte weiterhin Zugriff zu haben, so dass Miet- und Leasingmodelle vermutlich ebenfalls in der Zukunft zunehmen werden, so wie das ja durchaus schon im Bereich der Automobilindustrie seit langer Zeit zu beobachten ist. Entwicklungen dieser Art wird es auch im Maschinen- und Anlagenbau geben, wo zusätzlich durch moderne Methoden der Digitalisierung Produzenten gemeinsam mit Lieferanten der Anlagen in der Lage sein werden die Produktionsanlagen zu überwachen, instand zu halten und den Zustand der Anlagen im Verlauf der Produktion sogar kontinuierlich zu verbessern, in dem im Rahmen der

Instandhaltung neue Komponenten mit einer höheren Funktionalität eingesetzt werden können. Damit findet auch weiterhin eine Wertschöpfung statt, allerdings mit deutlich geringeren Ressourcenverbräuchen.

In diesem Zusammenhang muss aber sehr deutlich und ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass in einer Circular Economy auch weiterhin neue innovative Produkte mit verbesserten Funktionalitäten und verbesserten Preis- /Leistungsverhältnissen entwickelt werden müssen, da sie entscheidend zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit beitragen. Sehr gute Beispiele dafür sind moderne Stähle und Gussprodukte die leichter als in der Vergangenheit sind, bessere Werkstoffeigenschaften aufweisen und von daher bezogen auf das Produkt, in das sie eingebaut werden, weniger Rohstoffe verbrauchen. Eine wichtige zukünftige Frage wird sein, ob solche Entwicklungen, die das Ergebnis jahrzehntelanger Forschung und Entwicklung sind, in Zukunft auch noch stattfinden werden, wenn diese Art von Arbeiten nach der EU-Taxonomie nicht direkt, zwar indirekt, aber bei einer Evaluation von Projekten durch eher fachfremde Mitarbeiter in den Verwaltungen politischer Institutionen und Unternehmen der Finanzindustrie nicht direkt den Umweltzielen von Artikel 9 zugeordnet werden können, die in der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom Juni 2020² definiert sind:

- a** Eindämmung des Klimawandels;
- b** Anpassung an den Klimawandel;
- c** Die nachhaltige Nutzung und der Schutz der Wasser- und Meeresressourcen;
- d** Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft;
- e** Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung;
- f** Schutz und Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme.

Für die Zukunft ist es von daher von aller größter Relevanz,



Bild 3: In der Gießereiindustrie existieren zum Teil schon fast geschlossene Rohstoffkreisläufe.

Fotos: Soschinski/BDG, R.Deike

dass Forschung und das Entwickeln von Projekten unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit technologieoffen sind und dass Langlebigkeit und Reparierbarkeit nicht auf Kosten von Innovationen und neuen, optimierten Produkten mit besseren Eigenschaften gefördert werden. Das Klassifizieren und Bewerten von wirtschaftlichen Aktivitäten kann durchaus hilfreich sein, es kann aber auch zur Stagnation und schlimmsten Falls zu einem Rückgang der Effizienz mit der Folge eines kompletten Rückgangs wirtschaftlicher Aktivitäten führen. Diese Feststellung ist nicht neu, sondern konnte in der Vergangenheit vielfach beobachtet werden und ist durchaus auch in der Gegenwart in einigen Bereichen sehr aktuell. Entscheidend für die Zukunft ist, dass Langlebigkeit und Reparierbarkeit nicht auf Kosten von Innovationen und neuen verbesserten Produkten gefördert werden.

NATURWISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE GRUNDLAGEN DES RECYCLINGS

Nichtsdestotrotz werden Produkte zukünftig vermutlich deutlich später, aber dennoch werden sie das Ende des Lebens in ihrem Produktlebenszyklus, nämlich den Zustand „End of life“ (EoL) erreichen und dann müssen sie recycelt werden, damit sie mit möglichst großen Anteilen in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden können. Bei metallhaltigen Produkten geht das aber nur mit Unternehmen der Metall-, Stahl- und Gießereiindustrie^{7,8}, die unter diesem Aspekt schon heute eine hervorgehobene Position haben, da in diesen Industrien zum Teil sehr weit geschlossene Rohstoffkreisläufe existieren. Die Gießereiindustrie macht seit Jahrzehnten das, was die EU für die Zukunft fordert, in der Gießereiindustrie wird aus etwas Altem, nämlich Schrott (**Bild 3**) etwas Neues mit besseren Eigenschaften hergestellt und das kann nahezu unendlich oft wiederholt werden, wobei aber auch hier zu berücksichtigen ist, dass es Materialverluste über Schlacken und Filterstäube gibt, die zwar in der Relation zur Gesamtmasse gering sind, aber dennoch existieren

und zu erwähnen sind, so dass es zu 100% geschlossene Rohstoffkreisläufe nie geben kann, auch wenn Teile der Gesellschaft es glauben, sich wünschen und fordern.

Werden die Raten des Wiedereinsatzes von Schrott zur Produktion (Recycled Content) von neuen Produkten betrachtet (**Bild 4**), so fällt auf, dass es bei den blau und grün markierten Elementen, zu denen auch Eisen gehört, deutlich höhere Raten des Recycled Content gibt als bei anderen Elementen, wie z.B. ganz besonders bei den Seltenen Erden. Von daher ist in politischen Statements sehr oft zu hören, dass sich das in der Zukunft ändern muss und dass auch hier Werte wie z.B. bei den Industriemetallen erreicht werden müssen. Diese Forderung, die in einem ersten Ansatz sehr logisch erscheint, trifft hier aber auf eine naturwissenschaftliche und technische Barriere, die Entropie! Was ist darunter zu verstehen? Elemente mit einem geringen Recycled Content werden häufig in Funktionswerkstoffen genutzt, die wiederum zur Herstellung von Handys, Bildschirmen, elektronischen Bauteilen usw. genutzt werden. Durch die Herstellung solcher Produkte werden die Elemente und Verbindungen in der Phase der Produktnutzung dissipativ verteilt.

In einem einzelnen Handy sind diese Metalle nur in einer geringen Konzentration enthalten, d.h. hier ist die Entropie schon relativ hoch und werden jetzt die Milliarden von Handys betrachtet, die auf der Welt verteilt sind, dann steigt durch diese dissipative Verteilung die Entropie noch einmal um ein Vielfaches.

Was hat das mit der Entropie auf sich und wieso ist sie nicht selten ein extremes Hindernis für ein effektive Recycling, wie z.B. bei den Seltenen Erden? Diese Frage lässt sich vielleicht gut nachvollziehbar mit Hilfe des **Bildes 5** beantworten. Hier sind zehn Euro in Form eines Geldscheines und in Form von zehn einzelnen Münzen zu sehen und die Frage ist, was ist jetzt der Unterschied? Wird mit den zehn Münzen bezahlt, muss mehr Arbeit aufgewandt werden!

Verständlicherweise stößt diese Feststellung jetzt auf

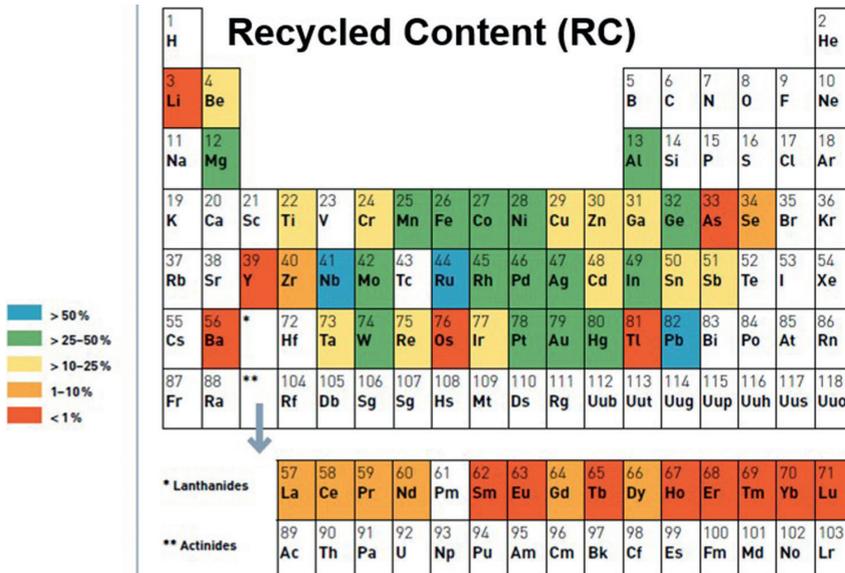


Bild 4: Die Recycled Contents, d.h. die prozentualen Anteile verschiedener Elemente aus dem Schrott bei der Herstellung eines neuen Produktes⁹.

Abb.: UNEP International Resource Panel: Recycling rates of metals, 2011, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8702>



Bild 5: Die Bedeutung der Entropie für ein effektives Recycling.

Foto: Müller/Deike Universität Duisburg-Essen

Unverständnis, da die zusätzliche Arbeit bei dieser vorliegenden Art der Verteilung so gering ist, dass sie überhaupt keine Rolle spielt. Werden die zehn Münzen jetzt gedanklich mit aller Kraft aus dem Fenster geworfen, dann sind sie immer noch vorhanden, aber in einer extrem dissipativen Verteilung, d.h. die Entropie die ein Maß für die Unordnung ist, hat dadurch extrem zugenommen, so dass nicht der Versuch unternommen werden würde, die Münzen wieder aufzusammeln, da der Arbeitsaufwand viel zu groß wäre. In der dissipativen Verteilung verlieren die Münzen ihren Wert obwohl sie immer noch vorhanden sind. Unter solchen Bedingungen ist dann sehr oft ein wirtschaftliches Recycling nicht mehr möglich, technisch wahrscheinlich ja, aber eben mit einem viel höheren Arbeits- und Energieaufwand, der dann die ganze Sache unwirtschaftlich machen würde.

Sehr gut lässt sich das Problem an dem folgenden Beispiel für die reale Welt des Recyclings erklären. Wird in Europa Hausmüll verbrannt dann entsteht als ein Abfallprodukt aus dem Verbrennungsprozess die Müllverbrennungsschlacke (MV-Schlacke). In Deutschland werden pro Jahr ca. 20 Mio. t Müll verbrannt und es fallen 6 Mio. t MV-Schlacke pro Jahr an. Davon entfallen ca. 1,5 Mio. t auf die Feinfraktion < 3 mm, in der bei einer konservativen Betrachtung [10] 0,3-0,4 % Cu enthalten (ca. 4.500-6.000 t/a) sind, soviel wie heute in einem Kupfererz enthalten sind, das auf der Welt abgebaut wird.

Unter diesem Aspekt kann die MV-Schlacke unabhängig von Metallpreisschwankungen als Wertstoff betrachtet werden. Darüber hinaus kann, basierend auf den Daten einer Müllverbrennungsanlage in der Schweiz¹¹, davon ausgegangen werden, dass Gold, überwiegend vergesellschaftet in der kupferreichen Fraktion, in einer Größenordnung von 1-2 ppm in der Feinfraktion (ca. 25 % der gesamten MV-Schlacke) vorliegt. Damit entsprechen die Goldgehalte in der Feinfraktion der MV-Schlacke den typi-

schen Erzgehalten geogener Minen. Somit enthält in der Summe die Feinfraktion der MV-Schlacke, die in Deutschland überwiegend für Baumaßnahmen auf Deponien eingesetzt wird, in Abhängigkeit von den Metallpreisen theoretisch ca. 72-144 Mio.€ pro Jahr¹⁰ an Kupfer, Silber und Gold, die aktuell aufgrund der dissipativen Verteilung, d.h. aufgrund der hohen Entropie nicht in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden können. Von daher ist es hier wichtig Prozesse¹² zu entwickeln, wie diese werthaltigen Inhaltstoffe der MV-Schlacke recycelt werden können.

Unter diesem Aspekt hat eine Müllverbrennungsanlage eine ganz andere Bedeutung, nämlich die, dass durch den Verbrennungsprozess in einer ersten Stufe die Aufkonzentration der im Müll extrem dissipativ verteilten Elemente erfolgt. In der zweiten Stufe, in der Aufbereitung der MV-Schlacke erfolgt dann heute schon die Gewinnung von Wertstoffen, die in der Zukunft wie oben erwähnt durch die Aufbereitung der Feinschlacke weiter optimiert werden kann¹². Allerdings ist hier anzumerken, dass das was aus technischer Sicht sinnvoll und auch wirtschaftlich ist, nach derzeitigem Sachstand der Diskussion der EU-Taxonomie noch nicht als nachhaltig anerkannt wird und damit ein typisches Beispiel darstellt, dass ein Vorgang aus Sicht der Technik und einer europäischen Verwaltung vollkommen unterschiedlich bewertet werden kann. Jetzt stellt sich nur die Frage, welche Bewertungskriterien werden zukünftig von der Gesellschaft als richtig anerkannt.

WIRTSCHAFTLICHER AUSBLICK IN DIE ZUKÜNFTIGE GLOBALE ENTWICKLUNG DER METALLE

Analysen der wirtschaftlichen Entwicklungen der traditionellen Industrienationen in Europa und Japan seit dem Beginn der 1970er Jahre zeigen, dass der strukturelle Wandel von einer Industrie- zu einer Dienstleistungs-

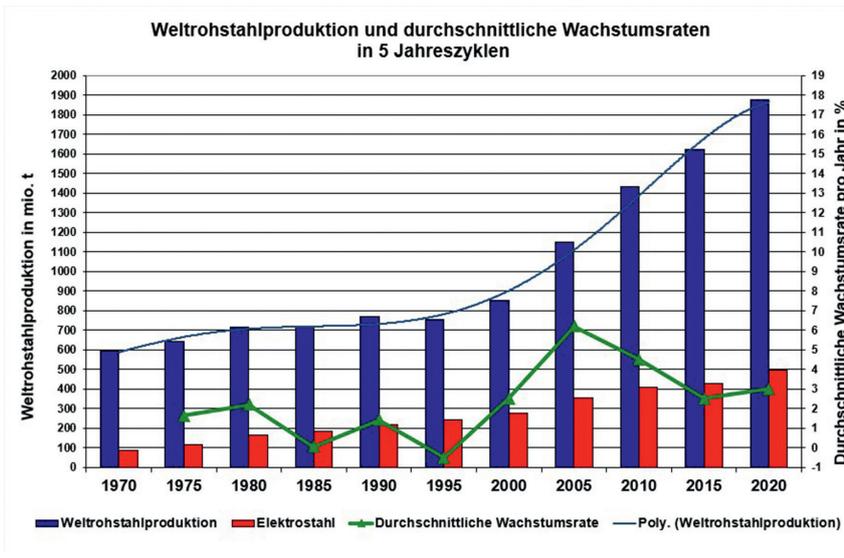


Bild 6: Die Entwicklung der weltweiten Rohstahlproduktion in der Zeit 1950–2020¹³

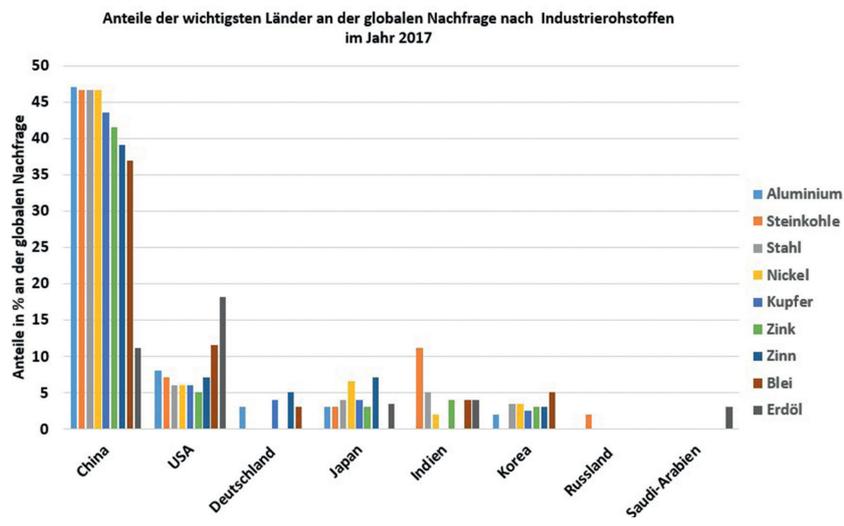


Bild 7: Anteile der wichtigsten Nationen an der globalen Nachfrage nach Industrierohstoffen im Jahr 2017^{6,13}

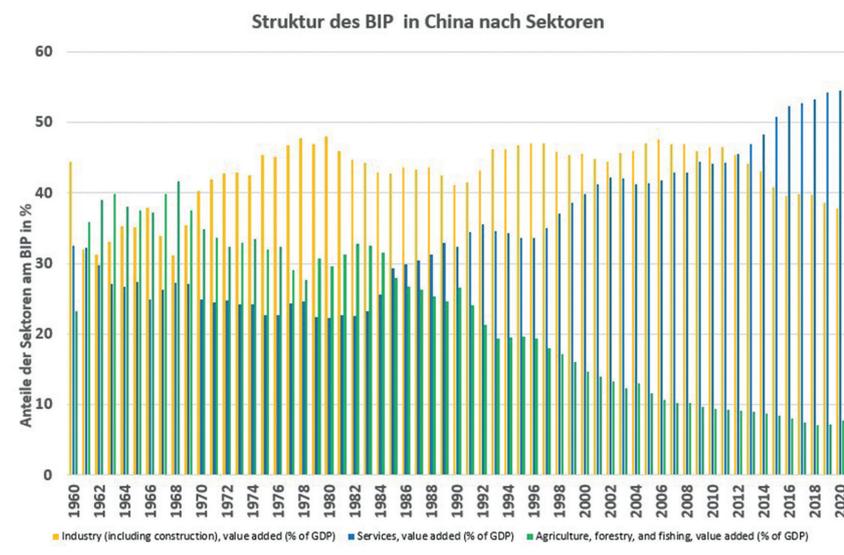


Bild 8: Die Entwicklung des BIP in China unterteilt nach Sektoren^{6,13}

gesellschaft in den betreffenden Volkswirtschaften dazu geführt hat, dass Wachstumsraten bei bestimmten Rohstoffverbräuchen^{4,5} geringer wurden oder unter Umständen auch bestimmte Rohstoffe absolut gesehen in geringeren Mengen verbraucht wurden. So sind z.B. wie bereits oben erwähnt bei der globalen Stahlherstellung seit dem Beginn der 1970er-Jahre Sättigungseffekte zu erkennen, mit dem Effekt, dass es in der Zeit von 1970 bis 1995 nahezu kein Wachstum der globalen Stahlproduktion gegeben hat. In der Zeit von 1990 bis 1995 ist die Weltrohstahlproduktion sogar absolut gesehen zurückgegangen, obwohl in dieser Zeit die Weltwirtschaft und die Weltbevölkerung weitergewachsen sind, d.h. hier hat global ein Wirtschaftswachstum stattgefunden, ohne das mehr Stahl verbraucht worden ist.

Tendenziell ähnliche logistische Wachstumsfunktionen, nicht so ausgeprägt wie bei der Weltrohstahlproduktion, sind ebenfalls bei den globalen Bergwerksproduktionen an Kupfer, Nickel und Zink in der Zeit von 1970 bis ca. 1995⁵ zu erkennen. Bei der Aluminiumproduktion ist ein solcher Effekt allerdings nur ansatzweise ausgeprägt.

Nach 1995 sind wieder deutliche, durch die industrielle Entwicklung in China hervorgerufene, Wachstumsraten bei der Produktion von Stahl und Metallen und dementsprechend auch beim Verbrauch der entsprechenden Rohstoffe zu erkennen. Infolge dieser Entwicklung ist hinsichtlich des globalen Verbrauchs an Rohstoffen aktuell die Situation dadurch gekennzeichnet, dass China zu der dominierenden Nation^{4,5,13} geworden ist. Aufgrund der in **Bild 7** dargestellten Struktur, werden kurz bis mittelfristig zukünftige Entwicklungen auf den globalen Rohstoffmärkten dadurch bestimmt werden, in welcher Weise die wirtschaftliche Entwicklung in China stattfinden wird.

Vor diesem Hintergrund ist zu erwähnen, dass in China im Jahr 2012 der tertiäre Sektor (**Bild 8**) erstmals mehr zum BIP beigetragen hat als der sekundäre Sektor. Von daher ist davon auszugehen, dass sich China in den nächsten Jahren zu

einer Dienstleistungsgesellschaft^{6,13} entwickeln wird.

In der Folge dieser Entwicklung sind hinsichtlich der Rohstoffverbräuche Entwicklungen zu erwarten, wie sie in den traditionellen Industrienationen seit dem Beginn der 1970er-Jahre stattgefunden haben, was bedeuten würde, dass kurz bis mittelfristig eher mit moderaten Zunahmen der Rohstoffverbräuche auf der Welt zu rechnen sein wird, die dann auf längere Sicht durch die wirtschaftlichen Entwicklungen in Indien und Afrika bestimmt sein werden. Aufgrund der komplett anderen politischen Strukturen in diesen Ländern, bleibt es abzuwarten, mit welchen Geschwindigkeiten sich diese Volkswirtschaften entwickeln werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Als die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung 2015 auf der UN-Vollversammlung verabschiedet wurden, waren sie noch als Vision formuliert, wie eine bessere Welt mit mehr Wohlstand und weniger Ressourcenverbrauch erreicht werden kann, jetzt hat eine Zeit begonnen, in der Teile dieser Vision beginnen, in der EU Gesetz zu werden. So wichtig die Betonung der Nachhaltigkeit und die Förderung geeigneter Wege zu ihrer Verwirklichung auch sind, es bestehen gewisse Bedenken, ob das, was in den Verwaltungen politischer Institutionen und Unternehmen der Finanzindustrie relativ einfach beschrieben, rechtlich definiert und dann beschlossen wird, auch immer technisch machbar ist. Denn auch eine Kreislaufwirtschaft hat wissenschaftlich-technische Grenzen, die im Sinne der Wirtschaftlichkeit akzeptiert werden müssen. Die Entwicklungen im Bereich der Metalle zeigen, dass in den traditionellen Industriegesellschaften in Europa und Japan zu Beginn der 1970er Jahre ein Strukturwandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft stattgefunden hat, in dessen Folge eine Entmaterialisierung des globalen Wirtschaftswachstums in der Vergangenheit in ausgewählten Bereichen temporär schon einmal zu beobachten war. Mit der Industrialisierung in China endete diese Entwicklung und es hat wieder ein exponentielles Wachstum mit extremen Rohstoffverbräuchen und Preissteigerungen in der ersten Dekade dieses Jahrhunderts stattgefunden, wobei davon auszugehen ist, dass diese extrem rasante Entwicklung weitgehend vorüber ist und sehr wahrscheinlich in den nächsten zwei Jahrzehnten ein Strukturwandel der Wirtschaft erfolgen wird.

Das Ziel für eine nachhaltige Zukunft ist vor allem, globalen Wohlstand durch Wirtschaftswachstum zu generieren und dabei möglichst wenig energetische und nicht-energetische Rohstoffe zu verbrauchen. Es werden neue Geschäftsfelder erschlossen, in denen Produkte mit entsprechenden Qualitätssicherungsgarantien aufgearbeitet und als Refurbished-Produkte wieder auf den Markt gebracht werden. Die künftige Entwicklung auf den globalen Rohstoffmärkten wird kurz- bis mittelfristig aber dadurch bestimmt, wie sich die wirtschaftliche Entwicklung in China vollzieht. Es ist davon auszugehen, dass sich China in den nächsten Jahren zu einer Dienstleistungsgesellschaft entwickeln wird. Infolge dieser Entwicklung sind ähnliche Auswirkungen auf den Rohstoffverbrauch zu erwarten, wie sie in den traditionellen Industrieländern

seit Anfang der 70er Jahre stattgefunden haben, so dass kurz- bis mittelfristig mit einem moderaten Anstieg des Rohstoffverbrauchs in der Welt zu rechnen ist.

LITERATUR

- 1 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/die-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846>
- 2 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>
- 3 https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- 4 Deike, R.: Befinden sich die Rohstoffmärkte in einem erneuten Wandel?, Chemie-Ingenieur Technik 92, Nr.4, S.331-340, 2020, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cite.201900136>
- 5 Deike, R.: What is happening on the commodity markets – and what the future holds?, CASTING PLANT & TECHNOLOGY 3/2021, p.32-43 16, https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00074989
- 6 Deike, R.; Winstermann, P.: The special importance of metals in an circular economy, 62nd IFC Portoroz 2022, 15.09.2022, <https://www.uni-due.de/mus/>
- 7 Deike, R.: Bedeutung der Gießerei-Industrie in einer Circular Economy, GIESSEREI 107, Nr.1, S.26-31, 2020, <https://doi.org/10.17185/duepublico/71307>
- 8 Deike, R.: Die Bedeutung energieintensiver metallurgischer Betriebe: Unter dem Aspekt des Recyclings von Eisen, Stahl und NE-Metallen. GIESSEREI 104, Nr.6, S.64-73, 2017 <https://doi.org/10.17185/duepublico/74510>
- 9 UNEP International Resource Panel: Recycling rates of metals, 2011, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8702>
- 10 DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.; Abfallverbrennung in der Zukunft, Frankfurt, 2022, <https://dechema.de/abfallverbrennung2022.html>
- 11 Böni, D. und Morf, L.S.: Thermo-Recycling, Efficient Recovery of Valuable Materials from Dry Bottom Ash, in: Holm, O. und Thome-Kozmiensky, E. (Hrg.), Removal, Treatment and Utilisation of Waste Incineration Bottom Ash, S. 25-37, TK Verlag: Neuruppin, 2018
- 12 BMBF-FONA-Forschung für Nachhaltigkeit: EMSARZEM - Einsatz von MV-Schlacke als Rohstoff für die Zementherstellung, <https://www.remin-kreislaufwirtschaft.de/projekte/emsarzem>
- 13 Deike, R.: Rohstoffmärkte in herausfordernden Zeiten, Deutscher Gießereitag 2022, Münster, 05.05.2022, <https://www.uni-due.de/mus/>

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/78773

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230720-114339-4

Deike, Rüdiger: Die Bedeutung der Metalle in einer Circular Economy. *Gießerei Rundschau* 69(04), 2022, S. 6-12. www.proguss-austria.at

Alle Rechte vorbehalten.