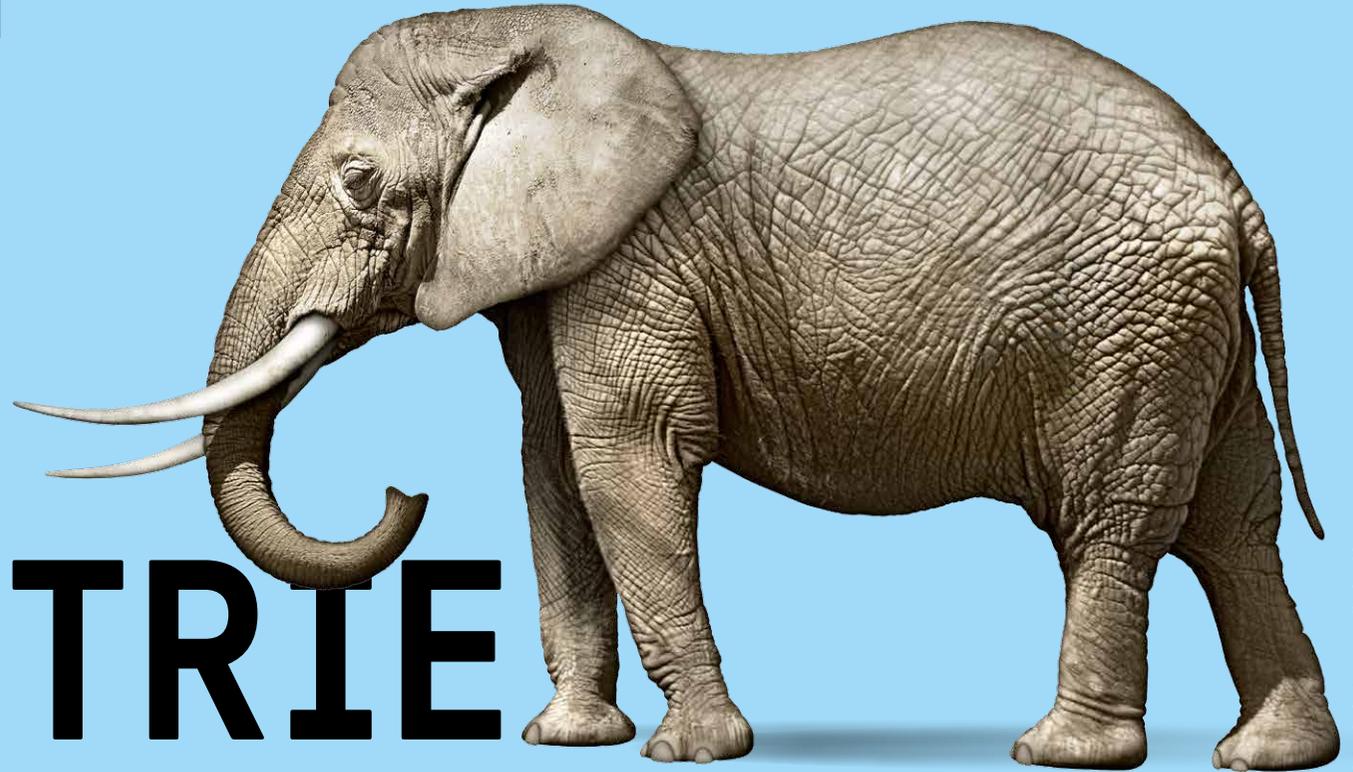


**factor<sup>y</sup>**

Magazin für nachhaltiges Wirtschaften

Thema

# INDUSTRIE



istockphoto.com: JimLarkin

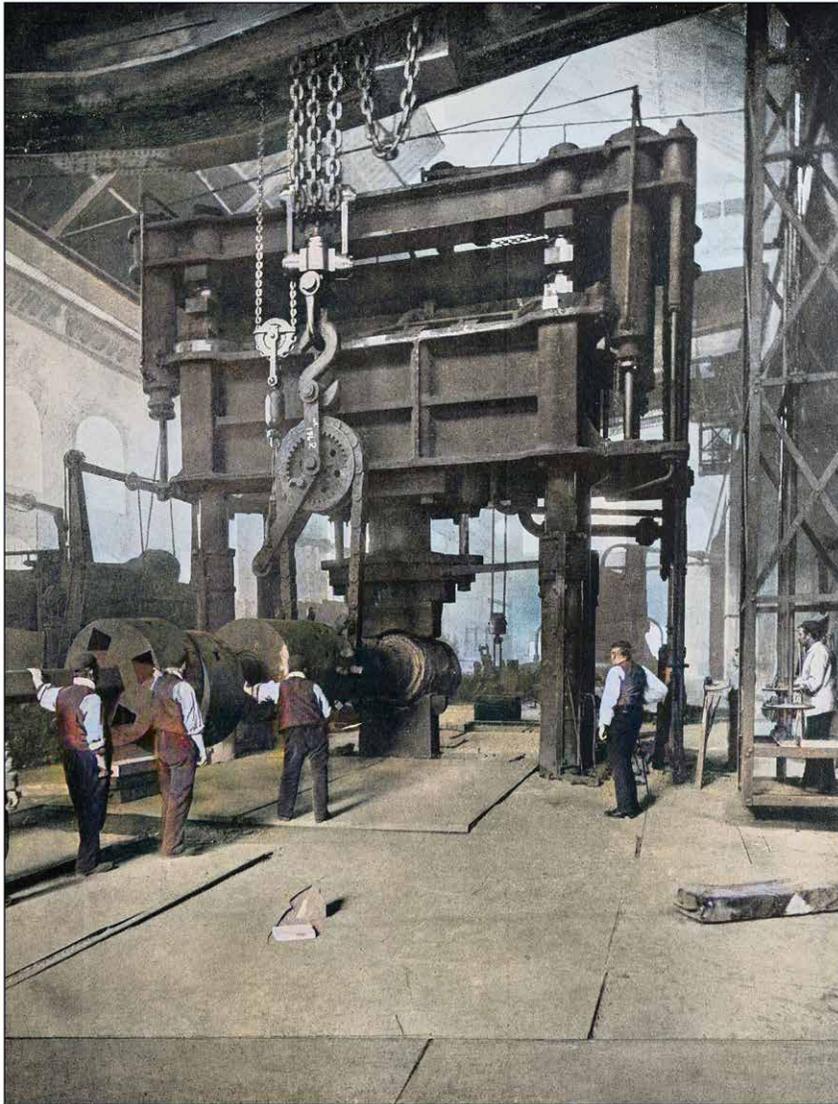
Schnell, wenn wir es wollen **Der Weg der Industrie** Ideen für den Wandel **Die Circular Economy ist der Schlüssel**  
Ressourceneffizienz 4.0 für eine klimaneutrale Industrie **Politik für die Industrietransformation** Mit Künstlicher Intelligenz zu mehr Nachhaltigkeit in der Produktion **Neue Chancen für alte Standorte**

# Schnell, wenn wir es wollen

Zählen wir einfach herunter: neun, acht, sieben, sechs, ... Fakt ist, dass die nächsten Jahre entscheidend sind. Im Grunde wissen es alle: Schwenken wir jetzt nicht schnell und konsequent auf den 1,5-Grad-Pfad zur Begrenzung der Erderhitzung und erreichen wir nicht bis 2030 eine Reduktion der jährlichen Treibhausgasemissionen um mehr als die Hälfte, wird es auch mit dem großen Ziel der Klimaneutralität nichts. Das ist weltweit wissenschaftlicher Konsens.

Die immer verheerenderen Folgen für die Gesellschaften, Wirtschaften und Naturräume der Welt sind in der Gegenwart von Pandemie, Überschwemmungen, Waldbränden und Hitzerekorden für alle sichtbare Realität geworden. Für die Jüngeren und Nachfolgenden sind die Aussichten noch düsterer – kommende Kipppunkte nicht einmal eingerechnet. Und so ist es nur konsequent, dass das Bundesverfassungsgericht den Staat zum schnelleren und verbindlichen Klimaschutz drängt – nichts weniger als die Freiheit ist bedroht. Die Ziele sind also gesetzlich verschärft, bis 2045 will Deutschland klimaneutral wirtschaften, in Glasgow hat sich auch die Weltgemeinschaft zur Klimaneutralität verpflichtet.

Die neue Bundesregierung hat ein ambitioniertes Programm für den Klimaschutz aufgelegt. Energiewirtschaft und Industrie haben darin die größten Reduktionsaufgaben



istockphoto.com: ilbusca



– und auch die besten Chancen, weil sie unmittelbar verbunden sind. Eine klimaneutrale Industrie ist ohne stark ausgebaute, erneuerbare Energie nicht möglich, diese nicht ohne ressourcenschonende Industrieprodukte.

Die Aussichten sind also gut, dass dieser Wandel zu schaffen ist. Immerhin stehen in den nächsten zehn Jahren ohnehin für viele Anlagen Neuinvestitionen an – und „stranded assets“ will niemand. Die Pandemie hat gezeigt, dass Lösungen auf einmal auch schnell finanzierbar sind. Und das Bewusstsein für die Notwendigkeit des schnellen Wandels ist bei den Entscheider\*innen da – jetzt gilt es, die Gesellschaft mitzunehmen.

Weil das Zeitfenster so eng ist, ist die Gleichzeitigkeit der Veränderungen die größte Schwierigkeit. Quasi simultan müssen sich viele Bereiche entwickeln – auch die, wo Industrieprodukte angewendet werden, bei Mobilität, Gebäuden und Ernährung. Klimaneutrale, ökodesignte, ressourceneffiziente, kreislauffähige Produkte und Dienstleistungen sind die Bedingungen auch für diese Wenden.

Dieses factory-Magazin will zeigen, dass die Industriewende trotz ihrer Größe machbar ist – und die Voraussetzungen dafür besser sind als je zuvor.

Wenn er gesellschaftlich gewollt ist, ist selbst ein schneller Wandel möglich, so der Blick auf die industriellen Revolutionen durch den Soziologen Andres Friedrichsmeier. Stefan Lechtenböhrer zählt als Experte für industrielle Transformation im Interview auf, warum die Bedingungen gerade für Deutschland so gut sind. Wie sich diese politisch gestalten lassen, auch international, fassen Anna Leipprand und Katharina Knoop zusammen.

Begonnen hat bereits der industrielle Mittelstand: Mit welchen Maßnahmen hier die Circular Economy vorankommt, darüber berichtet Henning Wilts aus einem branchenübergreifenden Praxisprojekt. Peter Jahns, Leiter der Effizienz-Agentur NRW, zeigt, wie die Ressourceneffizienz 4.0 Unternehmen auf den Pfad zur Klimaneutralität führen kann. Und Christina Schulzki-Haddouti beschreibt, was KMU mit künstlicher Intelligenz für den Ressourcenschutz bisher erreichen.



istockphoto.com: ilbusca

Dass das Ende der fossil-basierten Energiewirtschaft und Industrie nicht das Aus für ihre Standorte bedeuten muss, sondern auch zur kulturellen und technischen Erneuerung führen kann, macht Timon Wehnert an mehreren Beispielen deutlich.

Und so sind wir uns eigentlich sicher, dass dieses „Industrie-Magazin“ seine Leser\*innen inspiriert und Mut macht, den industriellen Wandel anzugehen und zu begleiten. Denn selbst als machtvolle und schwere Größe ist die Industrie nur so schwerfällig, wie unsere Gesellschaft es zulässt.

Ralf Bindel  
und das Team der factory



58

© istockphoto.com: MichaelUtech



8

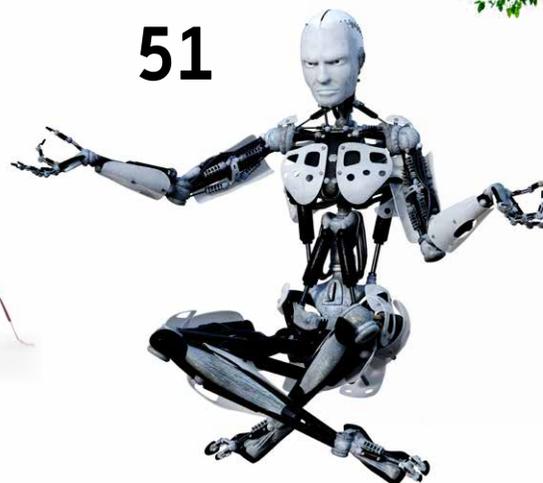
© istockphoto.com: George Marks

# Inhalt

- 2 Schnell, wenn wir es wollen
- 8 Der Weg der Industrie
- 18 Ideen für den Wandel
- 26 Die Circular Economy ist der Schlüssel
- 34 Ressourceneffizienz 4.0 für eine klimaneutrale Industrie
- 42 Politik für die Industrietransformation
- 51 Mit Künstlicher Intelligenz zu mehr Nachhaltigkeit in der Produktion
- 58 Neue Chancen für alte Standorte
- 64 factor<sup>y</sup> ist das Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften



34



51



18



**INDUSTRIE**

Industrie-  
 und Handelskammer, Bund  
 der Deutschen Industrie, Chemische Industrie, Stahlindustrie, **Industrie 4.0**, Zementindustrie, **Automobilindustrie**, Pharmazeutische Industrie, DIN, Gießerei-  
 Industrie, Verarbeitendes Gewerbe, **Industrialisierung**, Industrielle Revolution, Industriestaat, Industriepark, Tigerstaat, Industriekultur, Industriezeitalter, Unterhaltungsindustrie, Elektronikindustrie, Bauindustrie, **Großindustrie**, Schwerindustrie, Kunststoffindustrie, **Ressourceneffizienz 4.0**, Textilindustrie, Papierindustrie, Glasindustrie, **Deindustrialisierung**, industrielle Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie, Industrieroboter, Industrielle Biotechnologie, Industrial Workers of the World, Metallindustrie, Plattformindustrie, **Circular Economy**, Industrietransformation, industrieller Wandel, Industriepolitik, Industriestandort, Klimaneutralität, Nachhaltigkeit, **Künstliche Intelligenz**, Treibhausgasemissionen, **1,5-Grad-Pfad**, Klimaziel, fossile Industrie, Wasserstoffindustrie, Mittelstand, Industrieprodukt, Ökodesign, Wohlstand, Arbeitsplätze, Klimagerechtigkeit, Automatisierung, **Dampfmaschine**, Mechanisierung, Rationalisierung, Technologie, **Innovation**, Wettbewerb, Rohstoff, Ausbeutung, Massenfertigung, Arbeitskraft, Lobby, **Kapitalismus**, Manager, Taylorismus, Fordismus, Zwangsarbeit, Umweltzerstörung, Industrieland, Industriearbeit, Fabrik, Shareholder Value, Markt, Aktienkurs, Industriegeschichte, industrielle Logik, **Klimakatastrophe**, energieintensive Industrie, **Digitalisierung**, ressourcenintensive Industrie, Kreislaufwirtschaft, Material, **Dekarbonisierung**, zirkuläres Design, Circular Design, Wiederverwendung, Ressourcenschutz, Recyclingfähigkeit, Wirtschaftsmodell, Produktpass, Ressourcenproduktivität, Extraktion, Transport, Verarbeitung, Softwaresystem, Taxonomie, **Brückentechnologie**, Emissionszertifikate, **Emissionshandel**, Import, Export, Grenzausgleich, Umweltdumping, CO<sub>2</sub>-Preis, Grundstoffindustrie, Wertschöpfung, Industriestrukturprojekt, Investitionszyklus, Emissionsbudget, **Entkopplung**, Wachstum, **Lernende Systeme**, Lieferkette, Netzwerk, Krisenfall, Data Mining, Process Mining, Big Data, Sensor, Akteur, **Corporate Social Responsibility**, Klimarisiko, Globalisierung, Strukturwandel, Industrieregion, Verfügbarkeit, **Wissengesellschaft**, Qualität, Gigafactory



# 1,5

Um die Erderhitzung auf 1,5 Grad zu begrenzen – und damit ihre erheblichen Auswirkungen –, muss Deutschland seine anteiligen Emissionen unmittelbar stark reduzieren. Das Restbudget beträgt dafür weniger als 4,2 Gigatonnen, zu erreichen nur durch Klimaneutralität bis 2035. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen müssten dafür bis 2025 um 60 Prozent und bis 2030 um 85 Prozent geringer sein. Technisch, ökonomisch und gesellschaftlich ist das anspruchsvoll, aber möglich. CO<sub>2</sub>-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Wuppertal Institut, Oktober 2020

# 2045

Ab 2045 soll Deutschland klimaneutral wirtschaften, also Netto-Null-Treibhausgase emittieren. So schreibt es das 2021 verschärfte Klimaschutzgesetz vor. Damit sollen die Freiheitsrechte der Jüngeren und der folgenden Generationen gesichert werden, urteilte das Bundesverfassungsgericht im März 2021. Bis 2030 sollen dazu die jährlichen Emissionen um 65 Prozent gesenkt sein, bis 2040 um 88 Prozent. Auf dem 1,5-Grad-Pfad ist Deutschland damit nicht. [bmu.de/mehrklimaschutz](https://www.bmu.de/mehrklimaschutz) [bmu.de/mehrklimaschutz](https://www.bmu.de/mehrklimaschutz)

# 7,4

Industrie und verarbeitendes Gewerbe beschäftigen in Deutschland 7,4 Millionen Menschen, der Gesamtumsatz lag bei 2,1 Billionen Euro, an der Spitze der Automobilbau mit knapp einem Fünftel davon (2017). Vier Branchen dominieren: Automobil, Maschinenbau, Chemische und Elektro-Industrie. Der Maschinenbau ist eher mittelständisch geprägt. Insgesamt investierte die Industrie 2020 knapp 60,8 Milliarden Euro, 22 Prozent davon allein in den Automobilbau. Die Exportquote liegt insgesamt bei knapp 50 Prozent. Statistisches Bundesamt, 2021, [deutschland.de](https://www.deutschland.de)

# 860

Um die Emissionen bis 2030 in Deutschland nahezu zu halbieren, sind Mehrinvestitionen von rund 860 Milliarden Euro erforderlich, ab 2022 also rund 100 Mrd. Euro jährlich, kalkuliert der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI). Die Wirtschaft muss bis 2030 zusätzlich Milliarden Euro investieren: in den Bereichen Energie 415, Gebäude 175, Verkehr 220 und Industrie 50. Hinzu kommen 145 Mrd. Euro für Infrastrukturmaßnahmen. Angesichts der zunächst deutlich höheren Betriebskosten CO<sub>2</sub>-armer Produktionsverfahren fordert der BDI staatliche Unterstützung. Handlungsempfehlungen zur Studie Klimapfade 2.0, BDI

# 65

Ein Meilenstein für Netto-Null: die Reduktion um 65 Prozent der Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2030. Sie gilt als essenzieller Schritt zur Erreichung der Klimaneutralität 2045. Bedingung dafür ist der vollständige Kohleausstieg, 70 Prozent erneuerbar produzierter Stromanteil, 14 Mio. E-Autos und 30 Prozent elektrische Lkw-Fahrten, mehr ÖPNV und Co., die Einführung der Direktreduktion von Eisen mit Wasserstoff (H<sub>2</sub>), H<sub>2</sub>-Einsatz für Dampf, eine Gebäudesanierung von 1,6 % pro Jahr, 6 Millionen Wärmepumpen, Wärmenetzausbau, die Reduktion von Düngemitteln und Tierbeständen, die Belüftung von Deponien. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, 2021: Klimaneutralität bis 2045

# 22

Mit einem Anteil von rund 24 Prozent ist die Industrie in Deutschland der Sektor mit den zweithöchsten Treibhausgasemissionen nach der Energiewirtschaft. Dabei fallen rund 8 Prozent auf die Industrieprozesse, hinzu kommen die energetisch bedingten Emissionen von rund 16 Prozent (2020). Emissionsquellen seit 1990, Umweltbundesamt, 5.7.21

# 2

Deutschland verursacht rund zwei Prozent des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Damit ist es momentan der sechstgrößte Treibhausgasproduzent der Welt, historisch der drittgrößte. Außer China (27 %), USA (15 %), Indien (6,8 %), Russland (4,7 %) und Japan (3,3 %) stoßen die restlichen 194 Staaten jeweils weniger als Deutschland aus. Gleichzeitig ist Deutschland weltweit die viertgrößte Volkswirtschaft und erzielte 2017 den höchsten Exportüberschuss. In der EU ist es die größte Volkswirtschaft, die 28 Länder der EU verursachen zusammen 9,5 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Deutschlands Politik- und Technologieentwicklung hat europa- und weltweit Vorbildfunktion. [ourworldindata.org](https://ourworldindata.org), [klimafakten.de](https://www.klimafakten.de)



4

Der Bedarf nach mineralischen Rohstoffen wächst um das vierfache, wenn die Welt klimaneutral werden will. Ein E-Auto benötigt sechs Mal mehr von ihnen als ein konventionelles, Windkraftwerke neun Mal mehr als Gaskraftwerke. Der Bedarf für E-Autos und Batteriespeicher könnte auf das 50-fache steigen, für den Ausbau der Stromnetze wird er sich verdreifachen. Bis 2040 wird sich die Nachfrage nach Lithium, Kupfer, Kobalt, Nickel und Seltene Erden verdoppeln. Die Rohstoffvorkommen für die Energiewende sind geographisch stärker konzentriert als die fossilen, ebenso kommen die verarbeitenden Unternehmen aus nur wenigen Ländern. Die Konflikte um Menschenrechte, Nutzung und Verteilung werden dadurch zunehmen. IEA, Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 5. Mai 2021

2,2

Die Gesamtrohstoffproduktivität wuchs zwischen 2000 und 2016 um 35 Prozent, ein durchschnittliches Wachstum von 2,2 Prozent pro Jahr. Sie bezieht auch Rohstoffe ein, die für importierte Güter benötigt wurden und zeigt, wie effizient Ressourcen zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) beitragen. Der Rohstoffkonsum pro Kopf in D ist immer noch fast doppelt so hoch wie der weltweite Durchschnitt von 12,2 Tonnen pro Kopf und Jahr, der Verbrauch an Primärrohstoffen immer noch zu hoch. Das Ziel, den Ressourcenverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln, lässt sich ohne Kreislaufwirtschaft nicht erreichen. Circular Economy Road Map für Deutschland, Circular Economy Initiative Deutschland

14

Würde die CO<sub>2</sub>-Bilanz nach dem Konsumentenprinzip berechnet, wäre sie in Deutschland 14 Prozent höher, weil sie die importierten Materialien und Waren enthält. Die der Schweiz läge sogar um 225 Prozent höher. Chinas hätte dagegen eine um 10 Prozent geringere CO<sub>2</sub>-Bilanz, vor 15 Jahren sogar um 20 Prozent. Die Pro-Kopf-Emissionen lagen 2019 bei 8,4 Tonnen CO<sub>2</sub> in Deutschland und 7,1 Tonnen in China. Für Klimaneutralität müsste es unter einer Tonne CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr sein. carbonbrief.org, dw.com

68

Um fast 70 Prozent ließe sich bis 2050 der Ressourcenverbrauch in Deutschland durch Circular Economy-Maßnahmen verringern. Das durch Recycling gewonnene Sekundärmaterial trägt dabei mit knapp 50 Prozent zu den erzielten Ressourceneinsparungen bei. Ohnehin ist Klimaneutralität nur durch den Einsatz von CE-Hebeln erreichbar. Bis 2030 könnten allein 32 Milliarden Euro durch Sekundärrohstoffe gespart werden. Würden CE-Maßnahmen noch früher in der Wertschöpfungskette etabliert, könnten die Produktivitätsgewinne um den Faktor 10 steigen. Circular Economy Road Map für Deutschland, Circular Economy Initiative Deutschland

55

Die vereinbarten Klimaschutzmaßnahmen im Koalitionsvertrag der Bundesregierung würden offenbar nur etwa 55 Prozent des Notwendigen erreichen. Das gesetzliche Klimaschutzziel für 2030 und das der Klimaneutralität bis 2045 würden verfehlt, ebenso der angestrebte 1,5-Grad-Zielpfad. Zwar kämen die Sektoren Energiewirtschaft und Industrie mit den geplanten Maßnahmen fast ans 2030-Ziel. In den Bereichen, in denen Industrieprodukte genutzt werden – Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft – reichen sie allerdings nicht einmal für die Hälfte der benötigten CO<sub>2</sub>-Reduktion. Klima-Allianz Deutschland, factorymagazin.de, 3.12.21

700

SUV (Sport Utility Vehicles) sind die zweitgrößte Quelle für den weltweiten Anstieg an CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 2010. Wären SUV ein Land, hätten sie mit 700 Megatonnen CO<sub>2</sub> den siebtgrößten Ausstoß an CO<sub>2</sub> in der Welt, mehr als das Vereinigte Königreich und die Niederlande zusammen. Der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß von neuzugelassenen SUV und Geländewagen lag 2018 mit 144 g CO<sub>2</sub>/km, der aktuell geltende Flottengrenzwert beträgt 95 g CO<sub>2</sub>/km. Jedes dritte in Deutschland neu zugelassene Auto ist inzwischen ein SUV - 2019 waren das über eine Million Fahrzeuge. SUV verbrauchen wegen Gewicht und Größe mehr fossilen Kraftstoff oder Strom, auch die Produktion erfordert mehr natürliche Ressourcen. Deutsche Umwelthilfe, Internationale Energieagentur, 2021

# Der Weg der Industrie

Heute werden nahezu sämtliche Waren in Massen mit Standardverfahren produziert. Seit zwei Jahrhunderten gilt „die Industrie“ als Synonym für Wohlstand und Arbeitsplätze. Sie ist aber gleichzeitig auch historischer Umweltverschmutzer – mit riesigem Potenzial für klimagerechtes Umsteuern. Der Blick darauf, wie oft sie sich bereits gewandelt hat und was „Industrie“ eigentlich ausmacht, führt in noch heute wirksame Verstrickungen unserer Weltsicht in die Welt von Kohle und Stahl.

Von Andres Friedrichsmeier



© istockphoto.com: George Marks

Die Geschichte des Industriezeitalters wie üblich ausgehend von der Dampfmaschine zu erzählen, führt gleich zu Beginn zu Überraschungen. Da ist einerseits die zeitliche Parallelität der mit Kohle befeuerten Mechanisierung der Produktion und einer spektakulären Umwälzung der Gesellschaften. Diese waren bis dato im wesentlichen zunächst agrarische und im modernen Sinne noch nicht wirkliche Nationalstaaten. „Alles Ständische verdampft“, kommentierte der Promi-Philosoph jener Zeit, Karl Marx.

Doch warum kam die „industrielle Revolution“ so spät? Schließlich war Dampfkraft seit der Antike bekannt und die berühmte Erfindung von James Watt lediglich eine Verbesserung bereits vorhandener Konstruktionen. Kohleabbau wurde in England oder dem Ruhrgebiet schon im Mittelalter praktiziert. Obwohl also technologisch nicht wirklich neu, gilt die kohlegetriebene Dampfmaschine dennoch bis heute als Paradebeispiel für die revolutionierende Kraft von Technologie. Ihr Rattern und Schnaufen hallt in unseren Köpfen nach, wenn wir hoffen oder bangen, Künstliche Intelli-

genz, Kreislaufwirtschaft oder dezentrale Ökostromerzeugung mögen die Welt klimaneutral machen.

Allerdings: Dass Technikinnovation nicht der alleinige Auslöser der Industrialisierung gewesen sein kann, lässt sich natürlich keine gute Geschichtslehrerin und kein Museumspädagoge entgehen – die meisten von uns haben es aber halb wieder verdrängt. Warum hat die Relativierung der Führungsrolle der Technologie überhaupt ein didaktisch nutzbares Überraschungspotenzial?

Das Resümee dieser Untersuchung vorwegnehmend: Nur wenige Generationen Industriezeitalter haben unserer Weltsicht derart den Stempel aufgedrückt, dass es sogar unsere Sicht auf die Periode selbst prägt. Ein genauerer Blick auf das, was Industrie eigentlich so kennzeichnet, hilft uns zu kontrollieren, mit welcher stark industriell geprägten Brille wir unsere Zukunftsoptionen betrachten, und das in einer zunehmend postindustriellen Welt.

## Am Anfang war nicht allein die Dampfmaschine'

Dafür zunächst zurück zur Dampfmaschine, in eigentlich nur in Deutschland üblicher Diktion also zur „Industrialisierung 1.0“, in das England der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Der bereits erwähnte Geschichtslehrer oder die Museumspädagogin würden uns auf die kurz vorher einsetzende Bevölkerungsexplosion hingewiesen haben. Die bewirkte gleichzeitig Nachfrageschub und freies Arbeitskräfteangebot. Zusätzlich kombiniert mit neuen Rohstoffflüssen aus den Kolonien entstand damit ein Hebel, um die eingespielten ständischen Produktionsstrukturen aufzusprengen. Zu letzteren gehörten bereits Manufakturen als eine Art Frühstufe der Massenfertigung. Die ab dann einsetzende selbstverstärkende Dynamik meinen wir meist, wenn wir von „Kapitalismus“ sprechen. Oder wenn wir mit Klimasorgen auf eine nahezu unverändert von fossiler Energie abhängige Weltwirtschaft blicken. Global betrachtet haben Wachstum und CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis heute einen nahezu ►

analogen Kurvenverlauf. Denn auch wenn postindustriell werdende Industrieländer die mit ihrer Konsumweise zusammenhängenden Umweltfolgen nationalstatistisch ausblenden, weil sie schmutzige Produktionsteile an billigere Auslandsstandorte verlagern, bleiben sie damit weiter Mitverursacher steigender globaler Emissionen.

Anregend an der Geschichte industrieller Revolutionen ist, dass wir an nahezu jeder Stelle auf Verschränkungen von Fortschritt mit Rückschritt stoßen – wir bekommen sozusagen kognitive Dissonanz in der Dauerschleife. Heute, da unsere Fortschrittsfahrt auf die Wand von Klima- und Biodiversitätskrise zusteuert, verblüfft in der historischen Rückschau, dass im Mittelalter beispielsweise Arbeitszeiten überwiegend kürzer waren als unsere gegenwärtigen. Oder dass mit der industriellen Revolution 1.0 die durchschnittliche Lebenserwartung und Körpergröße der Menschen einen kräftigen Sprung nach unten gemacht hat.

Aber es geht noch weiter: Die ab 1970 erkämpften Lockerungen von der vormals überstrengen Arbeitsdisziplin



gingen einher mit der Prekarisierung von Arbeitsverhältnissen und dem erhöhtem Druck auf den Einzelnen, selbst eine Optimierung und Vermarktung seiner Arbeitskraft zu bewerkstelligen. „Burn out“ war früher unbekannt und Depression keine Volkskrankheit. Eigentlich stellen wir uns Fortschritt weniger widersprüchlich vor.

Ebenfalls interessant: Eine in der Umweltbewegung viel beachtete Neuinterpretation der Dampfmaschinengeschichte stammt vom schwedischen Humanökologen Andreas Malm 2016 (Fossil Capital, 2016). Malm arbeitet heraus, dass ein treibendes Moment der schon vor der Dampfmaschine aufgekommene Wunsch der Kontrolle der Arbeitskraft war. Seine lesenswerte Indiziensuche zeigt, dass es bei der Industrialisierung immer auch um Machtfragen und eine ausgeprägt politische Seite ging. Die Brutalität der Anfangsphase haben natürlich schon viele Autor\*innen herausgearbeitet, wichtiger sind aber die Indizien, dass dies bis heute fortwirkt – bis hin zu unseren heutigen Schwierigkeiten, den Gewaltkurs gegen unsere eigene Zukunft zu korrigieren.

## Macht macht Standards und Masse

Zur Gewaltförmigkeit der Anfangsphase gehören Kinderarbeit, die Enteignung gemeinschaftlich bewirtschafteter Flächen in den Dörfern und erzwungene Binnenmigration. Die spätere Zähmung ►

der Arbeitskämpfe durch sozialpolitische Kompromisse wiederum wurde substanzial gestützt und erkaufte durch die Zementierung der Unterordnung von Frauen sowie die brutale Ausplünderung der kolonialisierten Welt. Soziale Rechte und Kolonialwaren hier, Zwangsarbeit dort. Dass England Startpunkt der Industrierevolution wurde, liegt fraglos auch an seiner Kolonial- und Seemachtstellung, ferner an der schon weiter vorgeschrittenen Nationalstaatsbildung.

Im kleinstaatensplitterten Deutschland mit seiner Last der Zölle und dem Chaos uneinheitlicher Währungen, Gewichts- und Längenmaße müssen die ersten Industriellen viel härtere Lobbyarbeit leisten: für die Aufhebung der Leibeigenschaft und Zünfte, für die Nationalstaatsgründung, für Schutzzölle und ein einheitliches Bankwesen. Nationalstaat und Industrie werden miteinander groß, verfolgen verschränkte Interessen und eine in Teilen ähnliche Logik, darunter die Bürokratie, auch wenn die heute oft nur noch beim Staat vermutet wird. Naomi Klein (*This Changes Everything*, 2014) sieht darin sogar eine Klimachance: Wie schnell

eine Industrieproduktion umgepolt werden kann, haben die USA im zweiten Weltkrieg mit der Umstellung auf Kriegswirtschaft demonstriert. Das gelang ohne Aufhebung von Kapitalismus, aber mit deutlich planwirtschaftlichen Elementen und zustimmungsfähig gemacht mit einem Schub bei der sozialen (Steuer)Gerechtigkeit. Zum Vergleich: In seinem 2011er-Gutachten fordert der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen einen neuen „Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“.

Schließlich ist das Wesen der Industrie ihre Wandelbarkeit. Historisch hat sie ihre Form bereits mehrfach verändert: Zunächst ermöglicht die Dampfkraft Maschinen, die wiederum Produktionsschritte automatisierbar machen. Genau dies markiert den maßgeblichen Unterschied von Handwerk und Industrie. Der nächste technologische Umbruch kommt mit dem Fließband („Industrialisierung 2.0“). Erst mit ihm, also lange nach Marx, tritt die eigentliche Grundform von Fabrikarbeit auf den Plan, ebenso der Manager-Kapitalismus. Beim Fließband, identifiziert

mit Henry Ford ab 1913, ist es wieder so, dass Ford lediglich vorherige Konstruktionen verbessert.

## Elektrisiert, fließend und geteilt

Technologisch noch entscheidender ist aber vermutlich die Elektrizität, denn eine größere Stückzahl dampfgetriebener Maschinen in einer Werkshalle zu betreiben ist äußerst schwierig. Der Durchbruch erfolgt wieder im Tandem mit sozialen Erfindungen, die Fords Fließband zeitlich sogar vorangehen. Heute assoziieren wir sie mit Frederick Taylor. „Taylorismus“ bezeichnet die wissenschaftsbasierte Aufgliederung von Arbeit in zeitoptimierbare monotone Teilschritte. Von der Logik her ist dies durch und durch bürokratisch. In diesem Modell legt der Fabrikarbeiter in der Werksumkleide seinen Intellekt zusammen mit der Straßenkleidung ab und nimmt ihn auch erst wieder auf, wenn die Werksirene tönt, fasste es Antonio Gramsci zusammen. Die hier angelegte radikale Trennung von geistiger und körperlicher Arbeit, von

blue collar versus white collar, ist offensichtlich auch soziale Machttechnik, gar nicht unabhängig vom Wunsch nach Kontrolle von Arbeitskraft verstehbar. Zusammen mit Technologien wie dem Fließband hat sie sich zu einem Disziplinarregime ausgeformt, das bis in die 1960er-Jahre vorherrscht.

Wir sind jetzt übrigens an dem Punkt, von wo wir rückblickend erahnen, wie historisch überhaupt je Zwangsarbeit als vorgeblich erzieherisch motiviert ausgegeben werden konnte: Ob in den europäischen Kolonialreichen, in der Sowjetunion für politisch Unbequeme, in Institutionen wie dem damalige Zuchthaus und, wie sich retrospektiv zeigt, erstaunlich lange fortlebend in der Erziehungskultur etlicher Waisenheime.

Der dunkle Schatten von Industrie 2.0 ist also nicht bloß Umweltzerstörung, sondern auch ein einst parallel mit ihr aufgekommenes Gesellschaftsideal, nach welchem die Menschen, Zahnrädern gleich, sich möglichst diszipliniert in einem großen Gesamtkörper zusammenschalten, unter einer möglichst eindeutigen Gesamtführung.



© istockphoto.com: George Marks

Es gibt ein analoges Organisationsideal für die Industriefabrik und für die metaphorische Großfabrik der Nation. Dieses Ideal hat auch viele weitere Bereiche geprägt, etwa die Industrialisierung von Landwirtschaft oder das Gesundheitswesen und wirkte, bösen Zungen zufolge, selbst in die Hochschulreformen 1960ff hinein.

## Das Modell altert digital

Kaum fünf Jahrzehnte nach „2.0“, also etwa in den 1970ern, setzt die industrielle Revolution „3.0“ an, jedenfalls gemäß der in Deutschland durch industriennahe Kreise erfundenen Zählweise. Sie wird technologisch mit dem Computer identifiziert. Ob Computer damals tatsächlich verbreitet genug waren, um Arbeitsabläufe zu revolutionieren, ist eine berechtigte Frage. Davon unabhängig sind sich fast alle einig, dass es, beginnend mit den 1970ern, eine weitere Umwälzung in den Arbeitswelten gab.

Ob man sie „nur“ als eine industrielle Revolution sehen will, oder bereits als eine weg vom Industriemodell, bleibt eine weitere Frage. Für die bis dato als „Industrieländer“ bezeichneten Staaten wird ab den 1970ern auch der an Beschäftigtenzahlen klar ablesbare Strukturwandel zur „Dienstleistungsgesellschaft“ festgemacht. Jener Wandel bedeutet definitiv mehr als der bloße Ausdruck von Produktionsverlagerung ins Ausland.

Selbst in China sinkt der Anteil der Industriearbeitsplätze längst. ►



Autor\*innen mit ausgeprägt industrieller Weltsicht lassen das nicht gelten, schließlich würden viele Dienstleistungen in industrielle Produkte einfließen. Sie glauben fest, die Grundlage aller echten Werte entstehe nur in bezahlter Arbeit, bei der stoffliches Material umgewandelt wird.

Auch in unseren Köpfen schwingt diese Vorstellung mit: Ist nicht Geldschöpfung von Banken rein fiktive Wertschöpfung? Und das Gehalt für eine Dienstleistung, etwa die einer Krankenschwester, immer erst einmal mit materieller Industriearbeit zu „erwirtschaften“? Dagegen zu argumentieren gilt als nahezu aussichtslos. Abstrakt ist uns allen klar, dass eine industrielle und materialgebundene Produktion, etwa von Raketen oder SUV im Unterschied zur Arbeit der Krankenschwester menschliche Wohlfahrt überhaupt nicht befördert.

Eigentlich wissen wir auch, dass die angesprochene Wertschöpfung letztlich eine rein soziale Konstruktion ist. Soziale Konstruktion meint natürlich nicht, dass ein einzelner entscheiden könnte, auf Zuruf sei anders zu kons-

truieren. Sondern dass etwas erst aus dem Zusammenwirken sehr Vieler und dem sozialen Sinn entsteht. Solange wir aber Wohlstand mit Industrie identifizieren, was aufgrund der Geschichte in Deutschland eine besonders breite Verankerung hat, bleibt für uns jede alternative Art der Schöpfung von Werten unplausibel.

## Überzeugt statt abgeschaut

Der Höhepunkt des Industriezeitalters ist spätestens gegen 1970 anzusetzen. Danach gelang in den anderen Ländern der Welt, etwa vormaligen Kolonien, nur noch selten erfolgreiche Industrialisierung. Das sah bei denjenigen Ländern, die zwei Generationen früher damit angefangen hatten, spürbar anders aus: Opel hatte 1972 mit fast 60.000 Beschäftigten die vierfache Belegschaft von heute. Reden wir über die Zeit danach, kommen wir nicht mehr vorbei an einer Auseinandersetzung mit dem, was „Industrie“ eigentlich wirklich ausmacht.

Immerhin unstrittig ist, dass wir dieser kurzen Periode noch heute wirksame Grundüberzeugungen verdanken.

Und nur, weil sie aus jener Periode stammen, sind sie nicht automatisch falsch. Dass es aber keine naturgegebenen Einsichten sind, sieht man allein daran, dass sie anderen Gesellschaften kaum verständlich gewesen wären, ja absurd geklungen hätten, etwa in der Antike oder im Mittelalter. Ein paar Beispiele:

- Ohne ewiges Wachstum funktioniert es nicht.
- Die Grundlage aller echten Werte entsteht in bezahlter Arbeit, bei der stoffliches Material umgewandelt wird.
- Der moderne Mensch verwirklicht sich in formaler Arbeit und ihrer Komplementärwelt, dem Konsum.
- Demokratische politische Willensbildung kann nur funktionieren, wenn der Nationalstaat ihre zentrale Bühne ist (ersatzweise eine zur Republik werdende EU).

Diese Grundüberzeugungen sind bei vielen von uns fest verankert – gleichzeitig setzt sich mehr und mehr die Ahnung durch, mit diesem Mindset schlecht gerüstet zu sein für Herausforderungen planetaren Ausmaßes – etwa der Klimakrise. Maja Göpel, eine der

bekanntesten Ökonom\*innen der Umweltbewegung und Mitglied des Club of Rome, fordert vor ähnlichem Hintergrund daher einen „Great Mindshift“ (2016).

## Das neue Arbeiten

Zurück zur Frage, was – wenn schon keine rein industrielle Revolution 3.0 – in den 1970er Jahren passiert ist. Dieser Zeitraum steht, neben seiner Ablehnung von (Fabrik-) Disziplin, auch für die Entdeckung der Kraft intrinsisch motivierten Arbeitens. Bestehende bürokratische Instrumente zur Kontrolle von Arbeitskraft werden von neuen abgelöst, teilweise treten auch einfach zusätzlich neue hinzu: Ziel- und Leistungsvereinbarungen, Management by Objectives, Gruppen- und Projektarbeit, um ein paar zu nennen.

Zunehmend wird der Wert von Konsumprodukten kulturalisiert, also beispielsweise der Statuswert nicht mehr durch zusätzliche Zylinder und dickeren Motor, sondern mit Design und Product Placement auf Hiphop-Konzerten erhöht. Die wesentliche



© istockphoto.com: George Marks

Wertschöpfung beispielsweise bei einem Adidas-Turnschuh entsteht nicht mehr beim stofflichen Akt des Zusammenklebens von Gummi, sondern beim Design, in einer Marketingstruktur und so weiter. Im Unterschied dazu spielte für die Industrie 2.0 noch die „Economy of Scale“ die entscheidendere Rolle. Hier liegt ganz offensichtlich ein hohes Potenzial für die Abkopplung von Wirt-

schaftswachstum und Ressourcenverbrauch – allein die Erkenntnis dessen ist noch zu wenig verbreitet.

## Die Bank produziert

Für einen weiteren Revolutionsanwärter, der sich zwei weitere Jahrzehnte später bemerkbar macht, hat die deutsche „Industrie x.0“-Zählung gar keine Entsprechung: die „Finanzialisierung“ von 1990ff. Hierzu gehört die Erkenntnis, dass Finanzmarkt- oder Shareholder Value-Kapitalismus den traditionellen Manager-Kapitalismus abgelöst hat. Das meint so wenig das Verschwinden der Manager\*innen, wie „postindustriell“ ein Verschwinden von Industrie bedeutet.

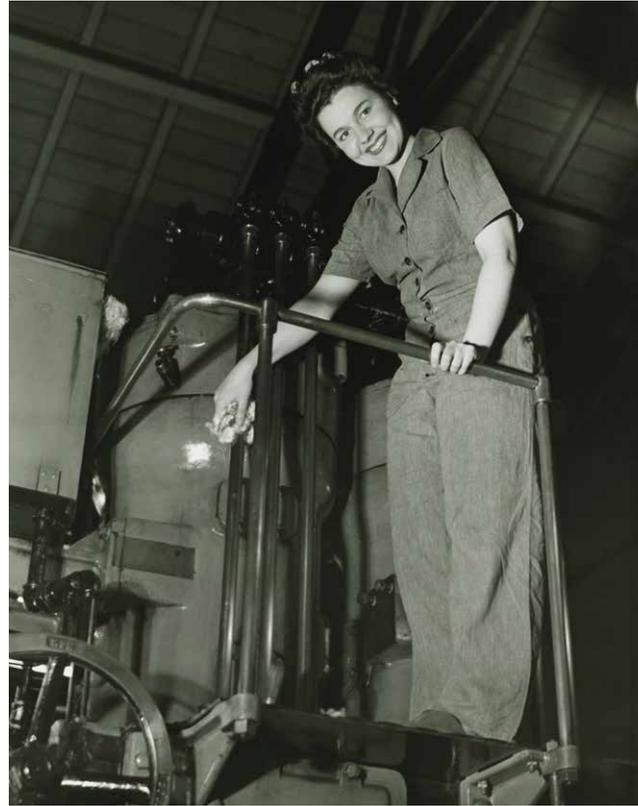
Kern ist, dass Aktienkurse und Marktbewertungen immer direkter in die Industrieunternehmen hineinwirken. Und wo das nicht geht – Unternehmen haben bestenfalls einen Aktienkurs, aber immer mehrere Unternehmensabteilungen – werden auf Basis von Kennzahlensystemen unternehmensinterne Quasimärkte konstruiert. Sie setzen interne Abteilungen unterei- ▶

inander in eine künstliche Konkurrenz, abgebildet in Leistungskennziffern, manchmal auch einem unternehmensinternen Preissystem.

Eine andere Seite ist das Outsourcing. Nachdem jahrzehntelang Wertschöpfungsanteile in die Fabrik hinein geholt wurden, schlägt nun die Stunde der flexiblen Zulieferkette. Dass all dies eine industrieferne Logik ins Spiel bringt, zeigen Klagen von Gewerkschafter\*innen, u. a. Siemens habe sich in eine Bank mit angeschlossener Produktion verwandelt.

Weiter geht es zur industriellen Revolution 4.0, technologisch identifiziert mit umfassender Vernetzung bzw. dem Internet of Things. Sie ist erst im Entstehen und sie scheint jenen Plattform-Kapitalismus hervorzubringen, wie er laut ihrer Kritiker\*innen von Amazon, Google, Uber und Co. praktiziert wird. In der Art und Weise, wie in Industrie 4.0 Arbeitskraft kontrolliert wird, sehen Autor\*innen einen Trend zu dezentralen Entscheidungen.

Auch die vierte Revolution ist also eine spürbare Kurskorrektur zu der ursprünglichen industriellen Logik.



© istockphoto.com: George Marks

Hierbei ist Dezentralität übrigens nicht mit Selbstbestimmung zu verwechseln, eher ist daran gedacht, dass KI-Systeme Entscheidungen übernehmen, es aber dezentral Instanzen mit Menschen geben muss, die das Wirken der KI lokal korrigieren – wie Lieferant\*innen, Packer\*innen, Programmierer\*innen.

## Mit Logik hat das nichts zu tun

Selbst wenn also spätestens ab dem Punkt „3.0“ nur noch eingeschränkt von industrieller Logik die Rede sein kann, verschwindet die Industrie offenkundig auch am Punkt 4.0 nicht. Warum sollte sie, schließlich hat ja auch der Agrarsektor die Agrargesellschaft überlebt. Allerdings denken wir kaum noch agrarisch, aber weiterhin zu industriell. Die beschriebenen Schritte weg von industrieller Logik haben leider keinen ausreichend klaren Abzweig von unserer Fortschrittsfahrt gegen die Wand der Klima- und Biodiversitätskatastrophe gezeigt.

Industriegeschichte zu erzählen, gar als Linie 1.0 bis 4.0, verleitet offenbar immer zur Überschätzung von Technologie. Heute erscheint uns instinktiv wahrscheinlicher, dass eine neue Technik die Welt umkrempelt, als eine soziale Leitidee wie climate justice oder degrowth. Erscheinen heute neue Herausforderungen am Horizont, hoffen wir als erstes auf technische Reparatur. In der Klimadebatte gibt es dafür den ►



Begriff des „techno fix“ – auf ihn wird lieber gesetzt als auf die Möglichkeit, politisch und absichtsvoll Veränderungen zu verabreden.

Analog zur Rolle des Elektroautos in der Klimadebatte war beispielsweise auch die Covid-Debatte von „techno fixes“ wie umfassenden Tests und Luftfiltern dominiert. Was nicht automatisch falsch sein muss; man vergleiche nur einmal, wie wenig sich die Verfassung der USA seit ca. 1791 verändert hat, während die Bevölkerungszahl um das 80-fache gewachsen ist. Ökonomisch, kulturell und sozial hat die heutige USA kaum noch etwas mit den Sklavenhalter- und Puritaner-Communities von damals gemein – außer jener Verfassung. Obwohl eine Demokratie, haben beim zwischenzeitlichen Umkrempeln fast aller gesellschaftlichen Grundstrukturen absichtsvolle demokratische Kursentscheidungen demnach nicht die größte Rolle gespielt.

Aber: Der Gang durch die Industrieentwicklung zeigt, dass radikale Kurswechsel möglich sind, wenn mehrere Dynamiken in einer neuen Konstellation zusammenfinden und sich gegenseitig verstärken: Technologie, Macht, soziale Ideen und soziale Bewegungen. ■

Dr. Andres Friedrichsmeier ist Soziologe und arbeitet im Thüringer Bildungsministerium. Zuletzt stellte er sich im factory-Magazin Vielfalt (1-2021) die Frage, woher der Widerwille gegen kulturelle Vielfalt und offene Gesellschaft kommt.



© istockphoto.com: George Marks

»Die lange Kette menschlicher Erfindungen hat bis jetzt zu Überbevölkerung, Zerstörung der Umwelt und zu größerer sozialer Ungleichheit geführt, da die Wirkung erhöhter Produktivität wieder durch das Wachstum von Bevölkerung und Kapital aufgehoben wurde.«

# Ideen für den Wandel

Die energieintensive Industrie zur Erzeugung von Grundstoffen wie Stahl, Zement, Kunststoffen, Aluminium, Papier und Glas ist eine wichtige Säule der Wirtschaft – gleichzeitig verantwortet sie den größten Teil des Umsatzes an Ressourcen und einen hohen Anteil an Treibhausgas-Emissionen. Entsprechende Standorte und Regionen benötigen daher wirksame Lösungen für Dekarbonisierung und Ressourceneffizienz – auch im internationalen Wettbewerb für eine klimaneutrale Industrie. „Grüner“ Wasserstoff gilt neben grünem Strom als Schlüsselement für die Klimawende der Industrie, benötigt dafür jedoch selbst viel erneuerbare Energie. Prof. Stefan Lechtenböhrer über Möglichkeiten und Anforderungen in einem Interview mit Ralf Bindel

*factory: Für ein klimaneutrales Deutschland bis 2045 steht die Industrie vor einem starken Wandel. Kann sie in dieser Zeit tatsächlich klimaneutral werden?*

Stefan Lechtenböhrer: Viele Technologien, die dazu notwendig sind, befinden sich noch in frühen Entwicklungsstadien, andere sind kurz vor der Marktreife. Aber wir haben die Technologien. Wenn wir uns mit staatlicher Unterstützung dahinter klemmen und die nötigen Investitionen tätigen, können wir sie im erforderlichen Maßstab noch schnell genug anwenden. Stahl oder chemische Grundstoffe wie Ammoniak mit Wasserstoff zu produzieren, Kohlenstoffabtrennung beim Zement – technologisch geht es eigentlich.

*Was fehlt?*

Wir benötigen dazu sehr viel erneuerbare Energie, darunter auch erneuerbaren Wasserstoff. Die Potenziale dafür sind da. Man müsste die gegenwärtigen Zubauraten allerdings mehr als verdoppeln, den Zubau von Wind-off-shore, Wind-on-shore, Photovoltaik massiv beschleunigen. Die Technik ist da, finanzierbar ist es auch.

*Was ist dann so schwierig?*

Noch ist nicht ganz klar, ob wir die Akzeptanz erhalten für z. B. die On-Shore-Windkraft, wie wir die vielen Photovoltaikanlagen auf die Dächer kriegen und ob es attraktiv genug für die Investoren ist, das zu finanzieren. Hinzu kommen die nötigen Infrastrukturen: ein weiterer Ausbau des Stromnetzes, der zwar geplant ist, aber zu langsam verläuft, und der Aufbau eines Wasserstoffnetzes. Da nimmt man zwar Fahrt auf, aber diese Dinge brauchen Zeit. Außerdem, kann die Industrie die Infrastrukturen und den Ausbau der Erneuerbaren nicht allein umsetzen. Sie benötigt dafür neben der Planung und gesellschaftlichen Akzeptanz eine nicht geringe auch finanzielle Unterstützung vom Staat – was die Bürger\*innen ebenfalls akzeptieren müssten.

*Über welche Summen sprechen wir?*

Es handelt sich um etliche Milliarden Euro. Die Stahlindustrie spricht von 30 Milliarden Euro Investitionen, um komplett klimaneutral zu werden. Hinzu kommen die Kosten für den beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren.

Übertragen auf andere Grundstoffindustriebranchen lässt sich in etwa hochrechnen, was auf uns zukommt. Dazu haben wir aber noch keine genauen Zahlen.

*Bisher hat sich die Industrie weitgehend über privates Kapital finanziert. Was muss den Bürger\*innen eine klimaneutrale Industrie wert sein?*

Die Industrie kann zwar aus eigener Kraft sehr viel investieren und neue Investor\*innen gewinnen. Aber die kommen nur, wenn sie mit grüner Produktion auch Geld verdienen können. Es wird also eine Mischung aus privatem und öffentlichem Kapital nötig sein.

*Die Profite darf die Industrie dann allein behalten? So wie die Lufthansa nach neun Milliarden Euro Corona-Hilfen?*

Es gibt schon Überlegungen der Beteiligung. Man muss wissen, dass die Industrie zwar immer noch profitabel, aber keine Gelddruckmaschine ist. Gerade bei Stahl läuft das Geschäft in stark schwankenden Zyklen. Wir reden hier nicht über BioNtech, die mal eben ►

viele Milliarden Euro Gewinn gemacht haben.

*Setzt die deutsche Grundstoffindustrie mehr ins Inland oder ins europäische Ausland ab, oder ist der weltweite Export interessanter?*

Das ist unterschiedlich. Wir produzieren in Deutschland z. B. 40 Millionen Tonnen Stahl pro Jahr, von denen wir selbst gut 30 Millionen Tonnen nutzen. Aber davon geht immer noch der größte Teil in Form von Produkten wie Autos ins Ausland. Gleichzeitig wird mehr als die Hälfte des Stahls, den wir inländisch nutzen, als Baustahl, Autos oder Maschinen importiert. Es gibt also einen sehr intensiven Austausch mit dem europäischen und dem Weltmarkt. Bei Aluminium sieht es ähnlich aus: Wir produzieren ungefähr so viel wie wir nutzen. Trotzdem exportieren wir die Hälfte unseres Aluminiums und importieren etwa die gleiche Menge. Die Weltmarktpreise bestimmen aber immer auch die inländischen Preise. So haben die Stahlüberkapazitäten in China nicht unbedingt zu mehr chinesischem Stahl in Europa geführt, aber zu höhe-

rem Preisdruck auf die Stahlhersteller. Vielleicht musste Thyssenkrupp seinen Stahl günstiger an VW verkaufen.

*Vor der Klimaneutralitätsaufgabe stehen in den nächsten Jahren sicherlich alle internationalen Industriestandorte. Das heißt doch: Der Druck ist da, ein Preisniveau zu erreichen, das weltweit akzeptiert wird.*

Der Druck ist da. Europa will aber Vorreiter sein, auch weil wir international nur mit Premium-Produkten punkten können. Wir sind nicht der billigste Massenanbieter, sondern besetzen das Hightech-Segment. Und in Deutschland sind wir auch Exporteure der dafür nötigen Lösungen, der Technologien. Auch deshalb macht das für uns Sinn. Spannend wird es dadurch, weil auch die anderen dekarbonisieren: Bei den Elektroautos hat China die Nase vorn, ebenso bei manch anderen Technologien.

*Machen wir die Industrie in Deutschland oder der EU kaputt, wenn ihre Preise wegen der klimaneutralen Produktionsmethoden steigen?*



© istockphoto.com: lbarrosphoto

Höhere Produktionskosten durch Klimaneutralität und höhere Zahlungsbereitschaft der Märkte sollten möglichst im Gleichschritt laufen. Oder man muss Schutzmaßnahmen ergreifen, wie durch den CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmechanismus, den die EU einführen will. ►



Das ist aber sehr komplex (siehe Beitrag „Politik für die Industrietransformation, S. 42). Was sich aber durchaus entwickelt, ist die Idee der so genannten Klimaclubs, in denen sich z. B. die G20-Staaten auf gemeinsame Standards oder gemeinsame CO<sub>2</sub>-Preise einigen und vorangehen. Denn wenn wichtige produzierende Länder an einem Strang ziehen, braucht man nicht unbedingt einen globalen Emissionshandel, vermeidet aber das Problem des ruinösen Konkurrenzkampfes mit denen, die derartige Randbedingungen noch nicht haben.

*Die staatliche Co-Finanzierung des Umbaus benötigen alle Standorte weltweit, ob in Indien, Südamerika oder den USA.*

Aber nicht alle können sich soviel leisten wie Deutschland. Andere wiederum können ihre Subventionen besser verbergen. Dann sind die Industrien auch unterschiedlich alt. Die europäische Industrie muss in den nächsten zehn Jahren relativ viel neu investieren. Es ist also dringend. Wer jetzt einen neuen konventionellen Hochofen baut, kann sich ausrechnen, dass er den spä-

testens in fünfzehn bis 20 Jahren wieder dicht machen muss, weil die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Technologie zu hoch sind. Deshalb kann die deutsche Industrie eigentlich nur noch in klimaneutrale Technologie investieren. Zumindest müssen die Technologien auf Klimaneutralität umgerüstet werden können.

*Ist denn eine klimaneutrale Produktion z. B. von Stahl hier überhaupt sinnvoll? Wäre es nicht besser, diesen nah an den Erzvorkommen und Orten mit hoher regenerativer Energieerzeugung zu produzieren und die Vorprodukte in die weiterverarbeitenden Länder zu transportieren?*

Vom Ressourceneinsatz her macht es kaum einen Unterschied, wo der Stahl produziert wird. Anders kann es bei der Eisenherstellung aus Erz sein, die ist extrem energieintensiv. Deshalb wird hierfür mit Abstand der größte Teil der Energie benötigt. Die Schweden wollen jetzt statt Erz mit erneuerbarer Energie direkt reduziertes „grünes“ Eisen exportieren, das ist relativ gut transportierbar. Und daraus können Andere dann grünen Stahl herstellen.

In Schweden machen sie es vor allem deshalb, weil sie damit mehr Geld verdienen können. Sie exportieren mit dem grünen Eisen auch ihre erneuerbaren Energien, ein interessanter Business Case.

*Die Idee der verlagerten klimaneutralen Produktion ist aber doch gut?*

Ja, weil man den Wasserstoff in den Mengen für eine Direktreduktion nur sehr schwer zu uns transportieren kann. Im Gegensatz zum Eisen, das mehr oder weniger ein Schüttgut ist. Wenn man darauf achtet, dass es unterwegs nicht rostet. Auch für Brasilien oder Südafrika wäre es eine Möglichkeit, damit zusätzliches Geld zu verdienen und nebenbei auch ihre heimische Stahlindustrie klimaneutral zu machen. Wenn man ohnehin in der Lage ist, das Erz grün herzustellen, kann man sich auch selbst damit versorgen. Dann könnte z. B. auch Südafrika auf das heimische Asset Kohle verzichten, weil man ja das bessere Asset Sonne und Wind besitzt. Das muss sich erst entwickeln. Aber es ist eine interessante Strategie – am Ende wird es auf eine Mischung hinauslaufen. ►

*Notwendig ist aber auch hier eine entsprechende Technologieentwicklung?*

Wenn die Technologie z. B. für die klimaneutrale Stahlherstellung hier gar nicht erst aufgebaut, weiterentwickelt und marktfähig wird, dann wird das auch in Brasilien und Südafrika nicht geschehen. Da sind die Europäer mit ihrer Kapitalverfügbarkeit, ihrem Zinssatz und Know-how in einer guten Position. Es ist also durchaus sinnvoll, auch zukünftig hier Primärstahl klimaneutral zu produzieren.

*Also Vorbild Deutschland und Europa, damit Stahl und Wasserstoff weltweit klimaneutral und ressourcenschonend produziert werden können?*

Ja richtig, und das nicht nur in Pilotanlagen, sondern im Industriemaßstab und möglichst wirtschaftlich erfolgreich – und dann kann man das auch anderswo. Dass wir dann einen Teil davon importieren, erscheint logisch. Allerdings besteht die Gefahr, falls der erste Schritt der Produktion hierzulande wegfällt, dass weitere Produktionsschritte verschwinden. Für die Standorte,

Politik und Arbeitsplätze wird es dann schwierig.

*Investoren könnten aber schon jetzt eher in andere als in deutsche Industriestandorte investieren?*

Sobald sich die Technologie durchsetzt, wird es für Investoren durchaus interessant, gleich in Südafrika zu investieren. Das sieht man ja auch schon in Schweden. Da gibt es das bereits erfolgreiche „Hybrit“-Projekt der schwedischen Erz-, Energie- und Stahlproduzenten LKAB, Vattenfall und SSAB. Und an der schwedisch-finnischen Grenze in Lappland will jetzt ein Start-up Stahl produzieren. Dahinter stehen der Batteriehersteller Northvolt, aber auch Mercedes und andere.

*Auf Wasserstoffbasis könnten also ganz neue Industriekonstrukte entstehen.*

Bisher ist man immer davon ausgegangen, dass ein Stahlwerk nicht so einfach zu bauen ist, wie das Beispiel Thyssenkrupp in Brasilien gezeigt hat. Aber ein wasserstoffbasiertes, integriertes Werk ist technologisch einfacher. Vielleicht bauen demnächst Aphabet,



Apple und Co. Stahlwerke – das könnte für traditionelle Stahlunternehmen zu einer Herausforderung werden.

*Woher kommt das Erz für die Duisburger Stahlwerke?*

Aus aller Welt, aber überwiegend aus Brasilien per Schiff erst über Rotterdam und von dort über den Rhein nach Duisburg. Das ist eine relativ günstige Rohstoffversorgung.

*In einer hoffentlich zukünftigen funktionierenden Circular Economy (CE) werden Rohstoffe im Kreislauf geführt und nur dissipative Verluste durch neue ausgeglichen. Welche Refinanzierungsmöglichkeiten hat die Industrie, wenn wir sie rohstoffreduziert denken?*

Die Welt wächst, der Wohlstand hoffentlich auch – und da benötigt man ►

noch einiges an Stahl, Zement und Kunststoffen. Diese Grundstoffe haben global immer noch Wachstumsraten. Die aktuellen Szenarien z. B. der Internationalen Energieagentur sagen, dass wir mit der Circular Economy dieses Level stabilisieren und langfristig nach 2030, 2040 in eine Reduktion bei den Materialien eintreten. Im akuten Planungshorizont der Hersteller wächst der Weltmarkt aber derzeit eher noch, weil der Bedarf zunimmt. Erst bei einer sehr erfolgreichen CE gibt es vielleicht irgendwann kein Wachstum mehr. Wir wissen alle, dass es kein Spaß ist, in nichtwachsenden Märkten Anteile zu gewinnen, aber es geht. Wenn es gelingt, den Stahlverbrauch in Deutschland zu reduzieren, muss das in anderen Regionen noch lange nicht so sein. Da ohnehin nur rund 20 Prozent des hier produzierten Stahls am Ende in Deutschland bleiben, sollte das auch in Zukunft kein Problem sein.

*Die Grundstoffindustrie sollte also mit der CE kein Problem haben?*

Sehr viel weniger als die Energieindustrie, die an einer Reduzierung

des Verbrauchs lange kein Interesse hatte. Der Stahl wird ja heute schon fast vollständig recycelt, auch wenn es sich dabei primär aus ökonomischen Gründen zum Teil um Downcycling handelt. Auch in der chemischen Industrie ist CE total spannend, weil letztlich die meisten chemischen Produkte auf Kohlenwasserstoffen basieren. Und die müssen nicht aus Rohöl stammen, sondern könnten mit Wasserstoff auch aus Kunststoffabfällen oder Biomasse gewonnen werden. Dadurch werden wir einen starken Druck sehen, diese dann genau dort herzustellen, wo Wasserstoff günstig ist. Wenn der Kohlenstoff dann auch noch aus der Luft gewonnen werden sollte, dann verarbeitet die chemische Industrie nur noch (erneuerbare) Energie. Die ersten Länder der arabischen Halbinsel wollen genau da hin. Einige sind jetzt schon bei den fossilen Kohlenwasserstoffen sehr stark. Auch die nordafrikanischen Länder wie Marokko würden gern an diesem künftigen Markt partizipieren. Wir werden also vielleicht langfristig „grüne Grundstoffchemikalien“ aus diesen Ländern importieren, statt von ihnen separat solare

Energie und Wasserstoff zu beziehen, um damit hier CO<sub>2</sub> aus der Luft zu ziehen und daraus Grundstoffchemikalien zu produzieren. Sie könnten uns das viel besser kombiniert liefern, zumal die ganze Logistik steht und keine neuen Pipelines und Stromkabel benötigt werden.

*Eine eigene fossile Rohstoffbasis hatte Deutschland ohnehin nie, außer bei der Kohle. Jetzt ist es importiertes Öl, das die Raffinerien hier verarbeiten.*

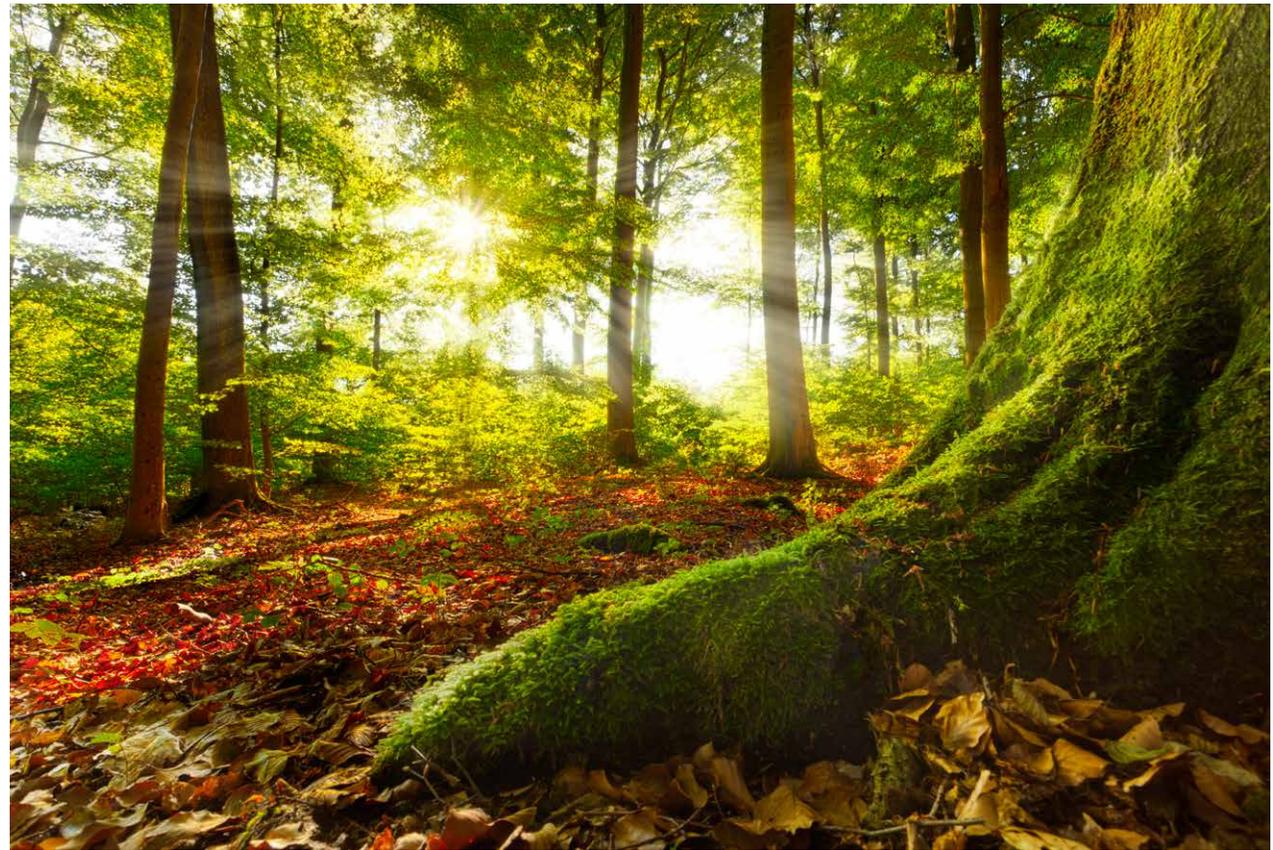
In Zukunft wird eine zentrale Rohstoffbasis der Kunststoffmüll sein. Von dem besitzen wir eine ganze Menge. Daraus lassen sich auch über die verschiedensten Verfahren von mechanischem und chemischem Recycling neue Kunststoffe machen. Es ist also wichtig, diesen Kreislauf aufzubauen und zu schließen.

*Kann man sich eine CE-Industrie vorstellen, die eher Stoffdienstleister als Rohstoffverarbeiter ist – ähnlich einer Autoindustrie, die zum Mobilitätsdienstleister wird?*

Das ist eigentlich exakt das Konzept, auf das es hinausläuft. Ich bin mir ►

allerdings nicht ganz sicher, ob sich das ökonomisch so einstellen wird. Das Konzept wird schon seit 25 Jahren am Wuppertal Institut diskutiert, es ist also nicht ganz neu. Es gibt auch einzelne Beispiele von Unternehmen, die das erfolgreich praktizieren, aber in der Breite ist das so eine Sache. Ich könnte mir das eher noch beim Stahl vorstellen, also dass man Stahl nur vermietet und ihn irgendwann wieder zurückerhält. Da ist man aber auch in der Lage, den zu verfolgen. Der Produzent einer Basischemikalie, die für Plexiglasschalen, Verpackungen und Autoreifen verwendet wird, hat aber kaum die Möglichkeit, diese Ströme eins zu eins zu verfolgen und zurückzugewinnen. Es gibt sicher attraktivere Bereiche, zum Beispiel bei hochwertigen Kunststoffen wie Polypropylenen. Daraus entstehen z. B. Scheinwerfer, deren Material wertvoll für den Hersteller wäre. Sie gelangen aber eben nicht wieder zu ihm zurück, sondern landen nach 20 Jahren Nutzung irgendwo in der Welt.

*Die Digitalisierung könnte derartige Probleme doch wohl lösen.*



© istockphoto.com: studioworxx

Man muss es in der Tat schaffen, die Stoffe zu verfolgen, um sie am Ende ihrer Nutzungszeit wiederzuerlangen. Und mit elektronischen Tags lässt sich feiner und effizienter sortieren, so dass die Recycler – wenn es gut läuft – viele Stoffe sortenrein an die chemische Industrie zurückgeben können. ■

Prof. Dr. Stefan Lechtenböhrer leitet die Forschungsabteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme am Wuppertal Institut, ist Professor an der Universität Lund für zukünftige nachhaltige Energiesysteme und Leiter des Kompetenzzentrums SCI4Climate.NRW, das innerhalb der Plattform IN4Climate.NRW von Industrie, Wissenschaft und Politik die Erarbeitung innovativer Strategien für eine klimaneutrale Industrie wissenschaftlich begleitet.

»Es geht um eine grundlegende Transformation unseres Wirtschaftens, die alle Sektoren erfasst – die industrielle Produktion, die Mobilität, die Energieerzeugung, die Wärmedämmung, die Energieeffizienz.«

Angela Merkel, Bundeskanzlerin, auf der 21. Konferenz der Vereinten Nationen zum Klimawandel in Paris, November 2015

# Die Circular Economy ist der Schlüssel

Eine zirkuläre Wirtschaft, die Stoffe im Kreislauf von Produktion und Nutzung führt, für langes Produktleben und Reparierbarkeit sorgt, gilt als die ressourcenschonendste Form des Wirtschaftens. Tatsächlich lassen sich eine klimaneutrale Wirtschaft und Gesellschaft nur mit ihr wirklich erreichen. Noch gibt es keine Standards und Vorschriften für ihr Funktionieren, doch die unternehmerischen Chancen durch „Circular Economy“ (CE) sind bereits jetzt recht hoch. Für die bekanntermaßen ressourcenintensive Automobil- und Bauindustrie loten aktuelle Projekte beispielhaft aus, wie sich die CE etablieren kann.

Von Henning Wilts



© istockphoto.com: BsWei

Schon wenn es um die Kosten geht, ist die Sache eindeutig: Nur etwa drei Prozent der Kosten im verarbeitenden Gewerbe verursacht der Energieeinsatz – Rohstoffe schlagen dagegen mit rund 40 Prozent zu Buche, so die Zahlen des Statistischen Bundesamtes. Von daher ist die Circular Economy, die genau auf die optimierte Nutzung von Rohstoffen abzielt, ein Schlüsselfaktor für Industrien, die in Zukunft klimaneutral und gleichzeitig wettbewerbsfähig sein wollen.

Dagegen geraten lineare Geschäftsmodelle, die allein auf der Produktion, dem Verkauf und der anschließenden Entsorgung von Produkten basieren, zunehmend an ihre Grenzen: Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass die für sie notwendigen Lieferketten immer unsicherer werden, Rohstoffpreise immer stärker schwanken und insbesondere China und viele südostasiatische Länder diese Prozesse längst kostengünstiger anbieten.

## Die Grundlage zukünftiger Industrie

Der „Aktionsplan Kreislaufwirtschaft“ der Europäischen Kommission ist daher geprägt von der tiefen Überzeugung, dass Europa zukünftig nur mit einer Kreislaufwirtschaft eine Chance haben wird, im globalen Wettbewerb der Wirtschaftsregionen um Investitionen und Arbeitsplätze zu bestehen. Und gleichzeitig ist klar, dass sich die Pariser Klimaziele ebenfalls nur in einer weitestgehend zirkulären Wirtschaft erreichen lassen.

So zeigt eine Modellierung, an der das Wuppertal Institut im Rahmen der Circular Economy Initiative Deutschland beteiligt war, dass die Circular Economy einer der Schlüssel für die Dekarbonisierung der Industrie ist, die für einen 2 Grad Pfad der maximalen Erderwärmung notwendig wäre. Denn global etwa 50 Prozent der Treibhausgasemissionen, so hat das Internationale Ressourcenpanel der UN ermittelt, gehen auf die Übernutzung natürlicher Ressourcen zurück. Ohne Kreislaufwirt-

schaft wird es also keine klimaneutrale Industrie geben.

Auf dem Papier scheint die Kreislaufwirtschaft damit als klare „Win-Win-Strategie“ offensichtlich ökonomisch wie ökologisch alternativlos zu sein. Real zeigen die verfügbaren Indikatoren wie die sogenannte Circular Material Use Rate, also der Anteil recycelter Materialien in der Wirtschaft, dass wir jedoch noch immer überwiegend linear wirtschaften: Weit über 80 Prozent unserer Rohstoffe sind weiterhin Primärrohstoffe, die mit enormem Energie- und Ressourcenaufwand gewonnen, produziert und transportiert werden.

Wie immer bei komplexen Herausforderungen gibt es nicht nur das eine Hemmnis, das hier beseitigt werden müsste – schließlich ist die gesamte Industrie über Jahrzehnte auf lineares Denken getrimmt worden und war damit lange extrem erfolgreich. Zunehmend mehr Unternehmen erkennen nun allerdings für sich auch die Chancen der Kreislaufwirtschaft. Sie stehen aber vor der Herausforderung, die richtigen Ansatzpunkte zu finden: Wo fängt man an, wenn man eigentlich das ►

gesamte Geschäftsmodell auf den Kopf stellen möchte?

In der Regel klappt das nicht alleine, sondern erfordert intensive Abstimmungen mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette, mit denen man bisher nur über Preise gesprochen hatte, nicht aber über Themen wie langlebiges Produktdesign, Recyclingfähigkeit oder Rücknahmesysteme. Hier fehlt es häufig noch an der Konkretisierung: Wie kriegt man das Thema Kreislaufwirtschaft von der Theorie in die Praxis?

Hilfestellung dazu kommt aus der Praxis: Das Projekt „Circular Economy als Schlüsselstrategie einer klimaneutralen und ressourceneffizienten Wirtschaft“, kurz CEWI<sup>1</sup>, soll praxisnah und konkret Möglichkeiten aufzeigen, wie Circular Economy nicht nur zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz beitragen, sondern auch Innovationen vorantreiben und zum nachhaltigen und erfolgreichen Geschäftsmodell werden kann. Konkret geht es um unternehmensgetriebene Konzepte

<sup>1</sup> Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) für eine Laufzeit von drei Jahren gefördert. Weitere Informationen sind auf der Projektwebseite unter [www.cewi-projekt.de](http://www.cewi-projekt.de) zu finden.

und Pilotprojekte, die auf dem Verantwortungsbewusstsein und der Problemlösungskompetenz der deutschen Wirtschaft aufbauen und ihre Innovationskraft aktivieren sollen. Im Fokus stehen hierbei die beiden ressourcenintensiven Sektoren Gebäude und Automobil, in denen sich viel drehen muss.

## Aus den Handlungsfeldern zu den Konzepten

Die Grundlage für das CEWI-Projekt bildeten zwei Vorstudien, die den Gebäude- und den Automobilssektor näher untersuchten. Zunächst entstanden – auf Basis unterschiedlicher Verständnisse und Definition einer Circular Economy aus Wissenschaft und Praxis – vier Circular Economy Ansätze für das Projekt. Diese kombinieren unterschiedliche Modelle wie das so genannte 9R-Modell, das Butterfly Diagramm oder das ReSOLVE-Modell<sup>2</sup>, veranschaulicht in *Abbildung 1*.

### Eine Analyse des Status Quo der Kreislaufwirtschaft – inklusive politi-

<sup>2</sup> Material Economics 2018; Buchberger u.a. 2019; Tambovceva; Titko o. J.; Ellen MacArthur Foundation 2015; McKinsey 2016.

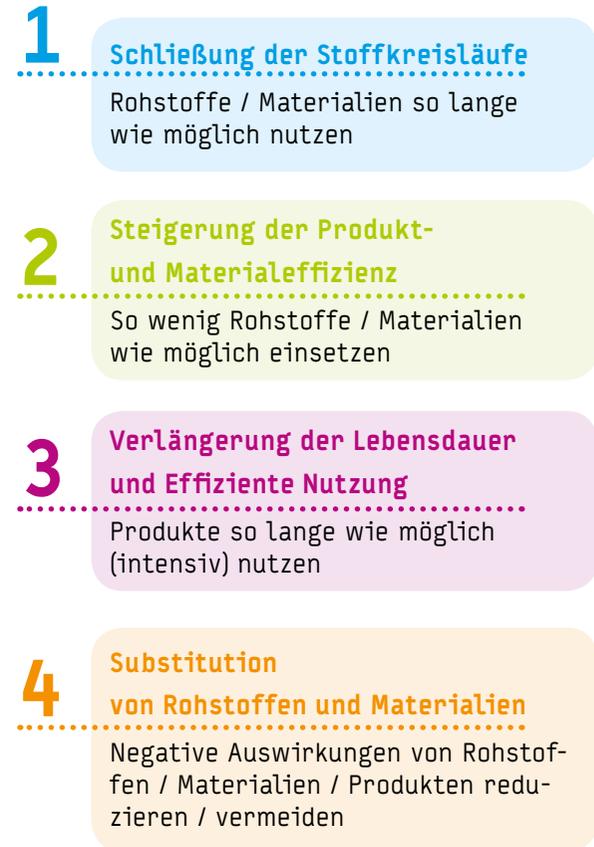


Abbildung 1: Die vier CE-Ansätze und deren Leitsätze

schers Rahmenbedingungen und Herausforderungen – sowie eine Untersuchung von mehr als 50 Praxisbeispielen ermöglichten es, innerhalb der vier CE-Ansätze für jeden Sektor je sechs Handlungsfelder zu identifizieren, die große Potenziale für Ressourceneffizienz und Klimaneutralität aufweisen.

Darüber hinaus untersuchen die Beteiligten den Stand der Entwicklung sowie die Chancen für neue Geschäftsmodelle innerhalb der Handlungsfelder: Gibt es bereits etablierte Lösungen in der Praxis? Und inwiefern besteht ein Potenzial für neue innovative Geschäftsmodelle?

## Zirkuläre Praxis im Gebäudebau

Für den Gebäudesektor ergaben sich daraus die in *Abbildung 2* dargestellten Themen.

Die sechs Handlungsfelder decken dabei jeden Schritt in der Wertschöpfungskette eines Gebäudes ab. Das Handlungsfeld der *Nachwachsenden Rohstoffe* setzt direkt beim Baugewerbe, dem verarbeitenden Gewerbe und den

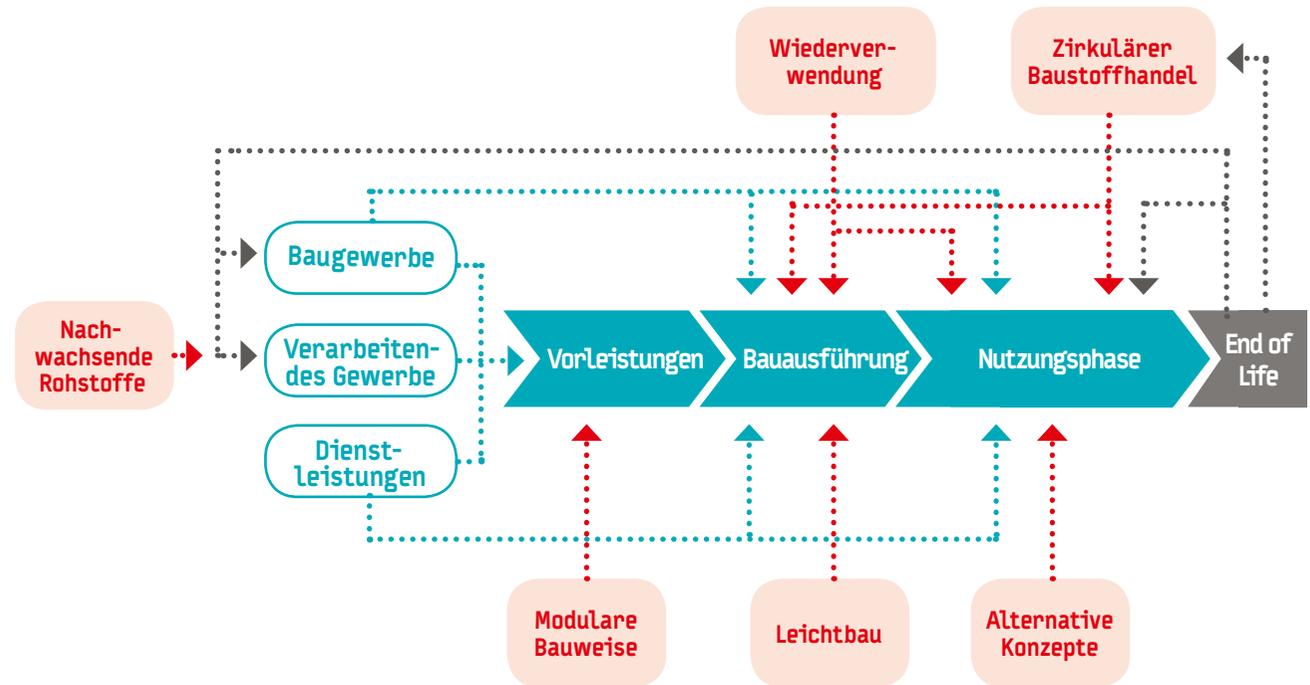


Abbildung 2: Die Wertschöpfungskette eines Gebäudes mit den durch CEWI adressierten Handlungsfeldern

Dienstleistungen an. Auf dieser ersten Stufe der Wertschöpfung planen beispielsweise die Architekten und Konstrukteure die notwendigen Baustoffe, die die Baustoffhersteller produzieren.

Die *Modulare Bauweise* beeinflusst die Vorleistungen ebenfalls direkt. Sie kann dabei die Planung und den weiteren Verlauf des Baus gestalten und maßgeblich zu einer Ressourceneffizienz und damit zu den notwendigen Treibhausgasinsparungen beitragen.

Das Handlungsfeld *Leichtbau* beinhaltet beispielsweise konkrete Maßnahmen zur Reduktion des Materialeinsatzes bei der Bauausführung. So lässt sich unter anderem durch eine Holz-Hybrid-Bauweise der Bedarf an dem energieintensiven Baustoff Beton reduzieren und damit Ressourcen und Emissionen einsparen.

Die *Alternativen Konzepte* fokussieren demgegenüber auf die Nutzungsphase eines Gebäudes und versuchen

beispielsweise Bestandsgebäude einer Umnutzung zuzuführen, um den bestehenden Wohn- oder Arbeitsraum möglichst effizient zu nutzen.<sup>3</sup>

Die beiden Handlungsfelder der *Wiederverwendung* von Gebäudekomponenten und der *zirkuläre Baustoffhandel* verfolgen das Ziel, Bauteile wie Fenster und Türen sowie Baustoffe wie Beton und Fliesen aus dem „End-of-Life“ eines Gebäudes erneut in der Ausführungs- oder der Nutzungsphase einzusetzen – zum Beispiel bei einem Umbau.

## Kreislaufwirtschaften beim Automobilbau

Im Bereich Automobil ließen sich sechs Handlungsfelder mit einem großen Potential für die Erreichung einer Ressourceneffizienz und Klimaneutralität identifizieren (Abbildung 3):

Hier wird deutlich, dass die wesentlichen Stellschrauben in der *Rohstoffverarbeitung* sowie *Forschung und Entwicklung* im Bezug auf die *Herstellung von Bauteilen, -gruppen* und *Automo-*

<sup>3</sup> Weitere Informationen zu den einzelnen Handlungsfeldern befinden sich auf der Projektwebseite und in der Vorstudie.

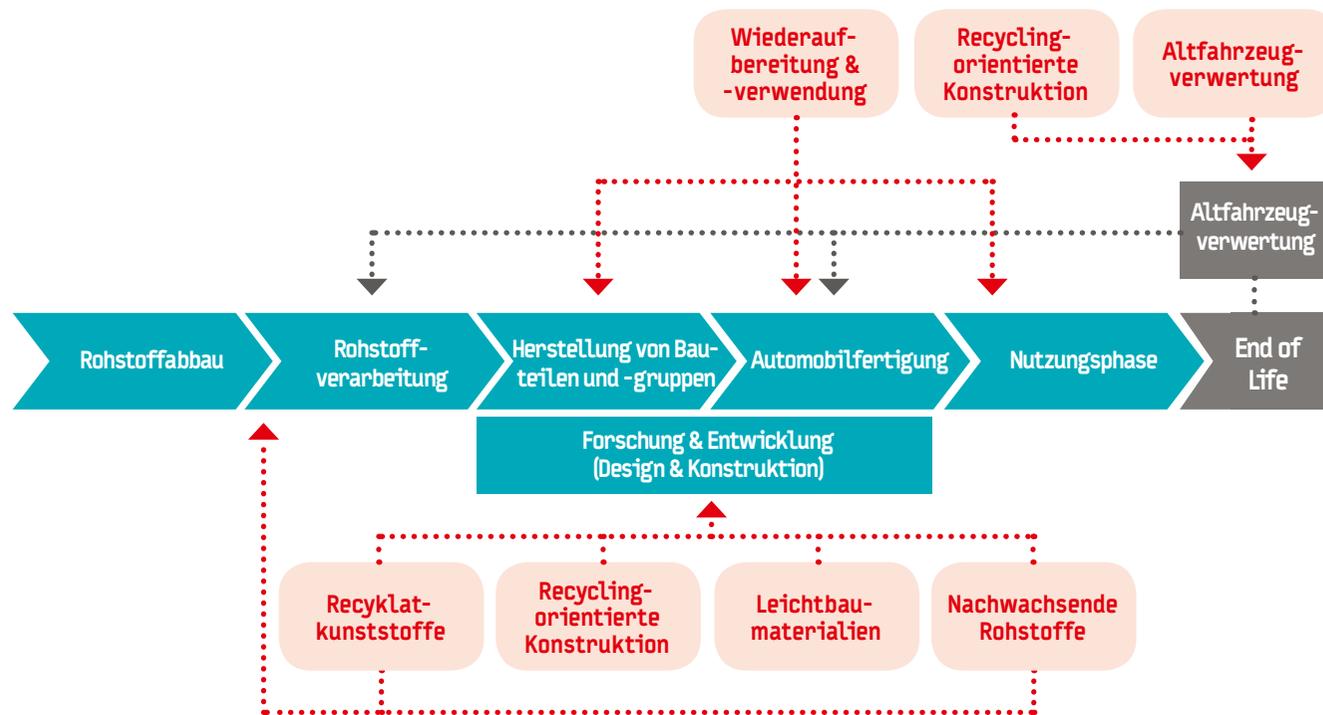


Abbildung 3: Die Wertschöpfungskette eines Autos mit den durch CEWI adressierten Handlungsfeldern

bilen zu finden sind. So lassen sich mit dem Einsatz von *Kunststoffrecykat*, der *recyclingorientierten Konstruktion* und *Leichtbaumaterialien* wie mit kohlefaserverstärkten Kunststoffen erhebliche Mengen Primärmaterial einsparen.

*Nachwachsende Rohstoffe* können darüber hinaus den Bedarf an energieintensiven Materialien wie Kunststoffen reduzieren. Besonders relevant an dieser Stelle: die frühzeitige Integration der Maßnahmen in die *Planungs- und Designprozesse*.

Die *Altfahrzeugverwertung* ist ebenfalls ein wichtiger Baustein für die klimaneutrale und ressourceneffiziente Automobilindustrie. Schließlich spielt die *Verwertung von Altfahrzeugen* und die *Wiederverwendung einzelner Bauteile* eine entscheidende Rolle. Somit kann die Produktion von neuwertigen Bauteilen reduziert und existierende Fahrzeug(-teile) einer weiteren Nutzung zugeführt werden.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Weitere Informationen zu den einzelnen Handlungsfeldern befinden sich auf der Projektwebseite und in der Vorstudie.

## Sektorübergreifende Kooperation ist essenziell

Diese zwölf Handlungsfelder sind die Grundlage für den Erfahrungsgewinn aus der Praxis. So wird bei ihrer Betrachtung entlang der Wertschöpfungsketten eines Gebäudes oder Autos deutlich, dass der Übergang zu einer zirkulären Wirtschaftsweise – und damit zu Ressourcenschonung und Klimaneutralität – nur mit sektorübergreifenden Kooperationen realisiert werden kann.

CEWI hat deshalb das Ziel, mit etwa 30 Akteuren aus Wissenschaft, Verwaltung, Industrie und Politik gemeinsame Pilotprojekte und Konzepte auszuformulieren und zu modellieren. Der Fokus liegt dabei klar auf einer Kooperation unterschiedlicher Industrien und Akteure auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette eines Gebäudes oder Autos. Schlussendlich sollen innovative branchenübergreifende Geschäftsmodelle und Pilotprojekte im Gebäude- und Automobilsektor mit folgenden Zielen entwickelt werden: Sie sollen an zentralen CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzialen ansetzen, den Mate-

rialeinsatz transformieren, systemische Veränderungen anstoßen sowie unternehmerische Lösungen entwickeln und kommunizieren.

Schnell zeigt sich auch in der Projektarbeit: Es mangelt nicht an Ideen für neue Geschäftsmodelle oder technologische Innovationen, die in Zukunft zu einer ressourcenleichten und klimaneutralen Kreislaufwirtschaft beitragen können. Zahlreich sind auch die Studien, die nicht müde werden, die möglichen Kostenersparnisse der Kreislaufwirtschaft zu betonen – wohlgemerkt auch von großen kapitalorientierten Wirtschaftsberatungsagenturen wie McKinsey oder Accenture, für die der Klima- oder Ressourcenschutz bislang erstmal zweitrangig war.

Damit stellt sich natürlich die Frage: Warum ist die Kreislaufwirtschaft dann eigentlich kein Selbstläufer? Sollte die Industrie nach Abschluss von Projekten wie CEWI nicht ausreichend Anreize haben, in Zukunft nur noch in zirkuläre Geschäftsmodelle und langlebige Produkte zu investieren?

Hier zeigen sich zugleich Fluch und Segen der Kreislaufwirtschaft, denn sie

kann zwar einen ganz wesentlichen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz leisten, kommt aber ohne entsprechende Leitplanken nicht dazu.

So kann der Einsatz von recycelten Sekundärrohstoffen, von neuen Geschäftsmodellen auf Basis von Leasing oder Sharing oder anderen Strategien der Kreislaufwirtschaft durch die Kosteneinsparungen zu massiven Reboundeffekten führen: Die Haushalte sparen Geld und kurbeln damit ihren Konsum noch weiter an. Führt zirkuläres Bauen nur dazu, dass die Durchschnittsgröße von Wohnungen noch schneller steigt, ist im Endeffekt nichts gewonnen.

Gleichzeitig ist erkennbar, dass der Fokus auf zirkuläre, recyclingfähige Produkte vielen Unternehmen ein Alibi liefert, immer größere Mengen an teilweise völlig überflüssigen Produkten auf den Markt zu bringen. Ob diese Produkte dann am Ende tatsächlich recycelt werden oder beispielsweise in Länder exportiert werden, in denen die dafür notwendige Technik überhaupt nicht verfügbar ist, spielt dabei viel zu häufig überhaupt keine Rolle.



Ein anderes, ressourcenschonendes Wirtschaftsmodell ist möglich

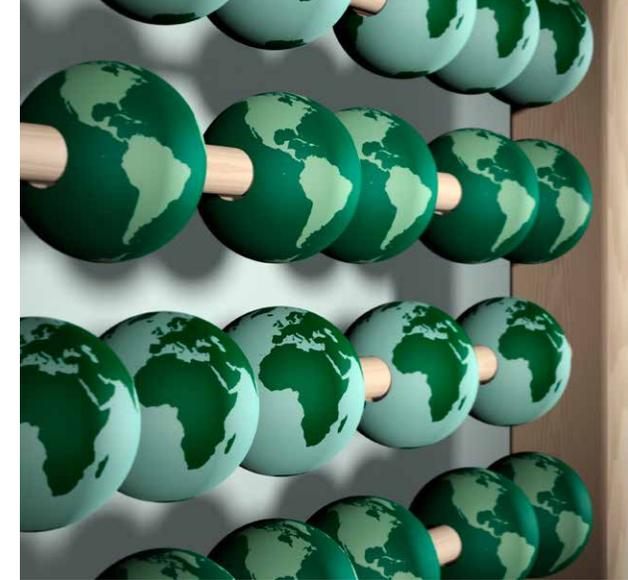
Die Kreislaufwirtschaft ist somit kein Ziel an sich – sie ist ein Instrument, ein Paradigmenwechsel, der die nachgewiesenen nicht zukunftsfähigen linearen Wegwerfgesellschaft ablösen soll. Für eine tatsächlich ressourcenleichte und klimaneutrale Kreislaufwirtschaft braucht es jedoch einen klaren regulatorischen Rahmen, der weit über Recyclingquoten und Abfallrecht hinausgehen muss.

Eine solche Kreislaufwirtschaft ist eine Querschnittsaufgabe, die wir wie den Klimaschutz in einer Vielzahl von Politikfeldern verbindlich verankern müssen: in der Industriepolitik, in der Handels- ebenso wie in der Sozialpolitik, wo sie bislang jedoch kaum eine Rolle spielt.

Denn die Europäische Kommission will durch Kreislaufwirtschaft zwar 700.000 neue Arbeitsplätze schaffen, dafür werden sich aber etwa zwei Millionen Menschen einen neuen Job suchen und neue Qualifikationen erwerben müssen.

Deshalb: Wir brauchen eine klare, langfristig ausgerichtete und technologieoffene Strategie – und jede Menge Zukunftswissen, um sie dann konkret in Hunderttausenden von Unternehmen umzusetzen. ■

Dr. Henning Wilts ist Leiter der Abteilung Kreislaufwirtschaft im Wuppertal Institut. Über die Möglichkeiten der CE für den Ressourcenschutz schrieb er bereits in den factory-Magazinen Circular Economy und Digitalisierung.



© istockphoto.com: BeholdingEye

## Literatur

- ➔ Buchberger, Silvia u.a. (2019): „Das Konzept der Circular Economy als Maxime für Beschaffung und Vertrieb in der Industrie.“ In: Arbeitsberichte - Working Papers, (2019), 46. Tambovceva, Tatjana; Titko, Jelena (o. J.): Introduction to Circular Economy. Ekonomikas un kulturas augstskola.
- ➔ Ellen MacArthur Foundation (2015): Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition. Online im Internet: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_26-Nov-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_26-Nov-2015.pdf)
- ➔ Material Economics (2018): The Circular Economy: A Powerful Force for Climate Mitigation. Online im Internet: <https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1>
- ➔ McKinsey (2016): The circular economy: Moving from theory to practice | Sustainability | McKinsey & Company. Online im Internet: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-circulareconomy-moving-from-theory-to-practice>

»Unser Wachstum speist sich seit der Industriellen Revolution aus endlichen Ressourcen, von denen wir aber erwarten, dass sie uns unendliches Wachstum beschieren. Das ist falsches, ja dummes Denken. Die mit fossilen Energien betriebene Moderne ist eine Singularität der Menschheitsgeschichte – so wie der kalifornische Goldrausch von 1848.«

Hans Joachim Schellnhuber, Klimawissenschaftler, Potsdam, Juni 2020; „Viele junge Menschen werden depressiv zurückbleiben“, tagesspiegel.de

# Ressourceneffizienz 4.0 für eine klimaneutrale Industrie

Gerade kleinen und mittleren Industriebetrieben bietet die Digitalisierung große Möglichkeiten, ihre Bilanzen zu verbessern – bei Ressourcen, Kosten und Emissionen. Der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei in der höheren Transparenz über die eigenen Prozesse und eingesetzten Ressourcen. Das zeigen die Projekte aus der Praxis der Ressourceneffizienzberatung: Mit dem Ansatz der Ressourceneffizienz 4.0 entstehen in Unternehmen ressourcenschonende, kreislauf- und wettbewerbsfähige Produkte und Prozesse – und Unternehmen können damit zu neuen Geschäftsmodellen innerhalb einer klimaneutraler werdenden Industrie finden.

Von Peter Jahns



© istockphoto.com: Antagain

Klimaneutralität lautet die Aufgabe, die wir als Gesellschaft in den nächsten Jahre und Jahrzehnten umsetzen müssen – in den Kommunen, den Regionen und den Unternehmen. Bis 2045 will Deutschland klimaneutral wirtschaften und hat seine Klimaschutzziele entsprechend angepasst. Die Energiewirtschaft und die Industrie müssen dabei zunächst den Löwenanteil an Emissionsreduktionen erbringen – so hat es die neue Bundesregierung 2021 in ihrem Programm festgelegt. Die fossile Energieerzeugung soll möglichst bald auslaufen und die erneuerbare Stromproduktion ebenso schnell wachsen. Grüner Wasserstoff soll die energieintensive Industrie bei Stahl, Chemie und Zementproduktion annähernd treibhausgasneutral werden lassen – unvermeidbares CO<sub>2</sub> soll möglichst zurückgewonnen und wiederverwendet (CCU – Carbon Capture and Utilisation) oder unterirdisch gespeichert (CCS – Carbon Capture and Storage) werden.

Doch damit ist es nicht getan: Nötig ist auch eine Änderung unserer Wirtschaftsweise. Ein Wandel hin zu einer Circular Economy, in der nicht nur

Rohstoffe zurückgeführt werden – wie es in der klassischen Kreislaufwirtschaft bereits geschieht –, sondern durch ein intelligentes Produktdesign technische Teile und Materialien wiederholt im Nutzungskreislauf gehalten werden können. Das kann beispielsweise durch Refurbishing oder Remanufacturing geschehen; Methoden, wie sie bereits das factory-Magazin Circular Economy (2017) beschreibt.

So geht auch die EU-Kommission davon aus, dass 50 Prozent der Emissionsvermeidungen entsprechend ihres Green Action Plans nur in Verbindung mit Maßnahmen der Circular Economy zu erreichen sind. Die Entwicklung einer umfassenderen Kreislaufwirtschaft steht deswegen gleichrangig neben der Energiewende auf der Agenda. „Wir haben das Ziel der Senkung des primären Rohstoffverbrauchs und geschlossener Stoffkreisläufe“, heißt es im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung. Sie will langlebige, reparaturfähige, recycelbare Produkte, dazu Mehrweg-, Rücknahme- und Pfandsysteme sowie digitale Produktpässe und ein Recyclinglabel einführen. Damit stehen nicht

nur klimaneutrale Industrie, erneuerbare Energie- und Wasserstoffwirtschaft als große Themen im Programm – auch Produkte, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen sollen sich verändern.

In den sich zur Klimaneutralität entwickelnden Märkten gilt damit für produzierende Unternehmen: Die agile, flexible und stetige Anpassung von Organisation, Prozessen und Produkten, die Entwicklung eines „zirkulären Designs“ von Produkten ist eine der wichtigsten Bedingungen für ihre Zukunftsfähigkeit.

„Ressourcenschutz ist der beste Klimaschutz“ bleibt also ein gültiges Credo. Denn jede nicht der Natur entnommene Tonne Rohstoff benötigt auch keine Energie für Extraktion, Transport und Verarbeitung – und vermeidet somit Emissionen. Ein möglichst effizienter Einsatz von Ressourcen bzw. die effiziente Kreislaufnutzung von entnommenen und verarbeiteten Stoffen ist also das Ideal einer klimaneutralen Wirtschaftsweise.

Ein Blick auf die Kosten zeigt ebenfalls die bleibende Bedeutung der Ressourceneffizienz: Mit durchschnittlich



rund 42 Prozent sind sie für Rohstoffe und Material der größte Ausgabenblock in produzierenden Unternehmen in Deutschland – weit vor denen für Personal mit 18 Prozent und für Energie von nur rund zwei Prozent, ermittelte das Statistische Bundesamt 2017. Steigen die Kosten durch Umweltzerstörung, z. B. wegen Knappheiten und Begrenzungen, vertieft sich dieses Verhältnis, zumal die Grenzkosten für erneuerbaren Strom weiterhin sinken werden. Hinzu kommt die Transparenzpflicht: Die Lieferketten- und Klimagesetzgebung wird langfristig alle Rohstoffe und Vorprodukte gerechter bepreisen und damit nicht-nachhaltige Produktion verteuern.

## Ressourceneffizienz 4.0

Gegenüber der klassischen Automatisierung bietet die zunehmende Digitalisierung der Prozesse und Lieferketten wesentlich mehr. Mit ihr lassen sich nahezu alle Produktions- und Logistikprozesse in der gesamten Wertschöpfung bis hin zu den Konsument\*innen besser und schneller vernetzen. Diese Vernetzung und Auswertung verfügba-

rer Daten von Materialien, Maschinen, Lieferanten und Kunden führt – richtig angewendet – auch zu einer erheblichen Verbesserung der Ressourceneffizienz.

Werden die Daten von Sensoren, Aktoren und Akteuren zwischen den Unternehmensebenen von Planung über Produktion bis Vertrieb und Internet ausgetauscht – und ebenso innerhalb dieser Ebenen –, lässt sich der Ressourceneinsatz deutlich optimieren.

Digitalisierung führt dabei nicht automatisch zur Ressourcenschonung. Nötig ist, diese Systeme nicht nur auf die Minimierung von „Zeit“ und „Kosten“ auszurichten, sondern die Ressourcenschonung mit ihrer positiven Wirkung auf Natur- und Klimaschutz ganz bewusst miteinzubeziehen.



© istockphoto.com: Antrey

Was bisher konventionell und linear geschah, lässt sich nun weitgehend digital, mit Hilfe vernetzter Assistenz und zukünftig vermehrt künstlicher Intelligenz lösen. Softwaresysteme passen Produktion und Ressourceneinsatz in Echtzeit den Erfordernissen an, die Wertschöpfungskette agiert intelligent, kreislauffähig und klimaneutral, so die Vision einer super-ressourceneffizienten „Smart Factory“ – doch selbst ihre Vorstufen arbeiten bereits besser als unvernetzt.

In der Effizienz-Agentur NRW entstand dafür der Begriff der „Ressourceneffizienz 4.0“. Mit ihr lässt sich auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette der Verbrauch materieller und energetischer Ressourcen abbilden und damit auch gezielt verringern: auf der Prozessebene durch bessere Steuerung und Auslastung von Maschinen, auf Produktenebene durch kreislauffähiges Design und Verlängerung der Lebensdauer, bessere Wartung und vorausschauenden Austausch von Komponenten ebenso wie durch Recycling codierter Bestandteile – sowie auf Systemebene durch ein Zusammenwachsen



von Produkten und Dienstleistungen zu ganz neuen Systemlösungen und -innovationen.

Abhängig vom eingesetzten Material fallen die Netto-Einsparungen sehr unterschiedlich aus: Sie sind bei jenen Materialien höher, die einen großen Aufwand an Energie und Rohstoffen für ihre Herstellung benötigen. In der Praxis wird die so erreichte Ressourceneffizienz zwar nur als Nebeneffekt der digitalisierten Prozessautomatisierung angesehen. Fest steht aber, dass eine systematische Messung und Auswertung von Ressourcenverbräuchen unabdingbar ist, wenn Unternehmen ihre Ressourceneffizienzpotenziale nutzen wollen und müssen.

## Digitalisierung als Werkzeug

Die Potenziale zur Ressourceneinsparung durch die Möglichkeiten der Digitalisierung sind also groß. Allerdings haben zum Beispiel in NRW die rund 12.000 produzierenden KMU mit 20 bis 500 Mitarbeiter\*innen und die rund 19.000 Handwerksbetriebe mit größeren

Potenzialen zur Ressourcenschonung bisher wenig Kapazitäten, sich neben dem Tagesgeschäft diesen zukunftssichernden Themen zu widmen. Genau hier setzt die Arbeit der Effizienz-Agentur NRW (EFA) an, die sie dabei beratend unterstützen kann – und wenn möglich auch eine finanzielle Förderung der Umsetzung durch die öffentliche Hand vermittelt.

Denn das Ziel der EFA – die Begleitung der Unternehmen auf dem Weg zur ressourceneffizienteren Produktion – hat sich ja durch die Digitalisierung nicht geändert. Was sich hingegen für die Rat suchenden Betriebe stark verändert hat, sind deren Möglichkeiten, Produktionsabläufe zu planen, zu steuern und Produkte oder Dienstleistungen an die individuellen Bedürfnisse der Kunden anzupassen. Alle Handlungsansätze, die Unternehmen im Zeitalter der



© istockphoto.com: Antray

Digitalisierung bei einer effizienteren Prozessgestaltung zu unterstützen, fasst die EFA seit 2018 deswegen unter der Bezeichnung „Ressourceneffizienz 4.0“ zusammen.

Wichtig ist, Digitalisierung als zweckdienliches Werkzeug zur Verminderung von umweltbelastenden Material- und Energieverbräuchen und nicht als Selbstzweck zu begreifen – oder lediglich zur Rationalisierung oder weil es gerade Trend ist. Ressourceneffizienz 4.0 ist vor allem ein Instrument, das Unternehmen bei ihrer Arbeit hilft. Doch wie bei allen Werkzeugen ist es entscheidend, mit welcher Intention man sie einsetzt. Hier gilt es wie gesagt den Indikator „Ressourceneffizienz“ nicht aus den Augen zu verlieren.

So ist die Digitalisierung einer Produktionslinie kein Allheilmittel. Die Erfahrungen in Projekten zu Industrie 4.0 in Gießereien oder bei Oberflächenveredlern (z. B. Galvaniken oder Lackierereien) zeigen, wie sinnvoll es ist, durch eine Ressourceneffizienz-Analyse zunächst eine vollständige Prozesstransparenz herzustellen. Die Firmen erhalten die nötige Transparenz über

den jeweiligen Materialeinsatz und die damit zusammenhängenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese Daten bilden die Grundlage, um ERP-Systeme einzuführen oder anzupassen. So können zunächst die entscheidenden Erfolgsindikatoren für eine wettbewerbsfähigere Produktion ermittelt und die Ressourcenschonung durch technische Maßnahmen verbessert werden. Auf dieser Basis lässt sich dann durch eine Digitalisierung der Produktion die Zukunftsfähigkeit des Betriebes noch weiter steigern: Das ist Ressourceneffizienz 4.0.

## Die Handlungsfelder erkennen

Aufgrund der Komplexität realer Produktionsprozesse stellt die Digitalisierung jedoch gerade kleine und mittlere Unternehmen vor große Herausforderungen. Oft werden dabei Software-Lösungen implementiert, ohne die bestehenden Geschäftsabläufe im Vorfeld zu hinterfragen. Darin bestehen jedoch gerade die Chancen auf ressourceneffizientere Prozesse, neue ressourcenschonende Produkte oder

resilientere Geschäftsmodelle. Der Sinn der Ressourceneffizienz 4.0 ist es ja, aus Millionen Daten Informationen für intelligentere Prozesse zu gewinnen, diese aufzubereiten und für zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu nutzen. Vor der Digitalisierung muss also die Prozessanalyse stehen.

In der Beratungspraxis der EFA betrachten wir dafür gemeinsam mit den Unternehmen ihre vier wichtigsten Handlungsfelder zur Leistungserbringung: Auftragsklärung und -abwicklung, Kalkulation und Unternehmenszukunft. Die ersten drei gelten als fest verankert und gleichrangig, die Unternehmenszukunft ist dagegen gerade in der anstehenden Transformation zur Klimaneutralität von größter Bedeutung – hier kommen neue Geschäftsprozesse ins Spiel.



© istockphoto.com: Antray

Denn auch scheinbar profane Prozesse wie die Auftragsklärung sind essenziell für die Ressourceneffizienz 4.0: Hier werden alle wesentlichen Parameter der Ausführung geklärt – ungenaue Vorgaben führen damit zu fehlerhaften Produkten, Überproduktion und Falschlieferungen – und somit zu Ressourcenverlusten. Digitale Prozesse, richtig eingesetzt, verschlanken und beschleunigen die Auftragsklärung und schaffen die Grundlage für die ressourcenschonende Auftragsabwicklung. Deren Planung, Arbeitsvorbereitung, Visualisierung und Durchführung sollten auf demselben Datensystem wie die Auftragsklärung arbeiten, da die Datenbasis identisch ist und sich so Übertragungsfehler durch Medien- oder Systembrüche vermeiden lassen. Der vollständige Informationsfluss ist dabei Garant für stabile Prozesse, eine programmgesteuerte Warenwirtschaft das Rückgrat einer effizienten Produktion. Sämtliche gesammelten Daten von Rüstzeiten bis Auslastung und Warenbestand lassen sich für Verbesserungsprozesse nutzen.

Zentral ist auch die Rolle der Kalkulation für die Steigerung der Res- ►

sourcesproduktivität – gerade bei sich stärker individualisierenden Kundenwünschen. Denn wer richtig kalkuliert, kann materialintensive Aufträge richtig bewerten und auf Basis von Stücklisten und Arbeitsplänen strategische Entscheidungen treffen. Voraussetzung ist dafür ebenfalls Transparenz über die Kostenverteilung – also eine entsprechend aufbereitete Datenfülle aus der Produktion.

Während die ersten drei Handlungsfelder zum Betriebsalltag gehören, wird ausgerechnet die Frage nach der Unternehmenszukunft in KMU häufig an den Rand gedrängt – in sich klimaneutral transformierenden Märkten ist das zunehmend riskant.

Sicher: Die Frage nach der Unternehmenszukunft stellt sich nicht jeden Tag aufs Neue, aber es ist wichtig, dass sich die Unternehmensleitung kontinuierlich auch mit gesellschaftlichen Veränderungen befasst, um rechtzeitig Auswirkungen auf das betriebliche Geschehen antizipieren zu können. Vor dem Hintergrund der weltweiten Ressourcenverknappung und -verteuerung ist es äußerst ratsam, Ressourcen-

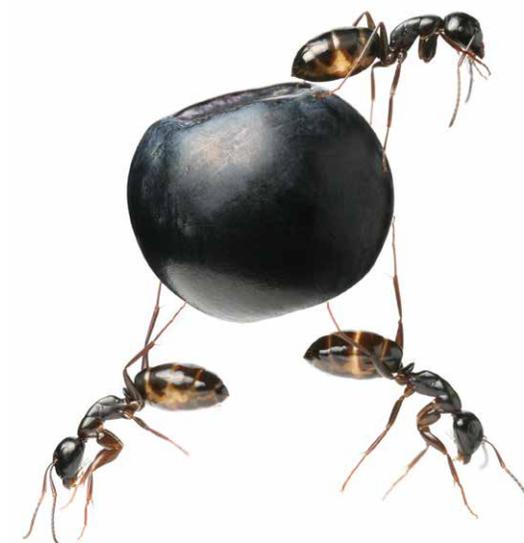
effizienz als strategisches Element der Unternehmensentwicklung zu begreifen. Gleichzeitig gilt: Um schneller auf Änderungen reagieren zu können, sollte der Produktentwicklungsprozess agil gestaltet und der Ressourcenverbrauch immer mitgedacht werden – schließlich sind 80 Prozent der Umweltauswirkungen und Kosten eines Produktes bereits durch das Design festgelegt<sup>1</sup>.

Um den zukünftigen Anforderungen der Circular Economy zu genügen, sollte das Produkt unkompliziert herzustellen, gut zu reparieren und Instand zu halten sein und sich am Ende seiner Nutzungsdauer problemlos demontieren lassen. Eine Produktentwicklung nach ecodesign-Kriterien ist dafür essenziell. Ein „Circular Design“ ist die Basis für eine nachhaltige Senkung des Material- und Energieverbrauchs über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes hinweg. Solche Produkte bieten einen unmittelbaren Mehrwert: Sie verbrauchen weniger Ressourcen während ihrer Gebrauchsphase und sind

<sup>1</sup> Consumer Industrie & Retail Group, Akzente 2/2017, McKinsey & Company, Inc.

nutzerfreundlich in der Wartung und Reparatur.

Hinzu kommt, dass die Produktion zukünftig modular und automatisiert aufgebaut wird und die Einbindung der Mitarbeiter\*innen selbstverständlich sein sollte. Denn auch digitale Veränderungsprozesse sind nur dann erfolgreich, wenn die Belegschaft von Anfang an mit eingebunden ist und die Kommunikation transparent ist.



## Die Vorteile sichern

Für immer ressourceneffizienter werdende Unternehmen ergeben sich so existenzsichernde Vorteile gegenüber den weniger veränderungswilligen: Sie reduzieren Kosten durch weniger Materialeinsatz, ihre Produkte lassen sich in den klimabewusster orientierten Märkten besser absetzen und sie verschaffen sich Zugang zu Förder- und Investitionsmitteln. Wie die Beratung zu Ressourceneffizienz 4.0 strukturiert ist und wie vielfältig die Ansatzpunkte dafür in den Unternehmen sind, hat die EFA auf ihrer Website [ressourceneffizienz.de](http://ressourceneffizienz.de) genauer ausgeführt.

Die wachsende Sammlung der Best-Practice-Beispiele zeigt, wie groß die Einsparungen an Materialverbrauch und Kosten durch die Ressourceneffizienzmaßnahmen sein können. Bis zur Erreichung der Klimaneutralität muss es dann auch gar nicht mehr weit sein. So ist z. B. die Edelmetallgießerei Friedr. Lohmann in Witten bereits 2021 die erste klimaneutrale ihrer Art in Deutschland – unter anderem auch mit einem von der EFA unterstützten Projekt einer automatisierten, ressourcensparenden modularen Fertigungslinie, die Materialverluste, Stromverbrauch, CO<sub>2</sub>- und Staubemissionen deutlich reduziert.

Für die konkrete Lösung der Aufgabe, die Industrieproduktion aller Unternehmensgrößen und damit auch die Gesamtwirtschaft klimaneutral zu gestalten, ist gerade die Ressourceneffizienz 4.0 essenziell. Ihre Datenerfassung und -verbindungen sind die Grundlage für eine erfolgreiche Circular Economy, weil sie der Schlüssel für die Entwicklung ressourcenschonender Geschäftsmodelle ist. Eine Dekarbonisierung der Energiezulieferung führt ohne Ressourceneffizienz nicht zur Klimaneutralität – das ist der Elefant im Raum, den es zu erkennen gilt. ■

Dr.-Ing. Peter Jahns leitet die Effizienz-Agentur NRW.



»Deutschland soll als globales Vorbild für klimaneutrales Leben und Wirtschaften vorangehen. Der Staat soll seine wirtschaftspolitischen Instrumente einsetzen, um Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil zu geben, welche klimaneutral und umweltschonend wirtschaften. Die Förderung klimaneutraler und umweltschonender Technologien sowie neuer Arbeitsplätze ist dafür unabdingbar.«

Aus: Bügerrat Klima – Die Empfehlungen, Stand 8.7.2021, Übergeordnete Leitsätze, Leitsatz Nr. 9, angenommen mit 95%

# Politik für die Industrie- transformation

Die Ziele für 2030 sind gesteckt: Die EU will bis dahin jährlich 55 Prozent weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen als 1990, Deutschland sogar um 65 Prozent reduzieren und bis 2045 klimaneutral wirtschaften. Um diese Ziele zu erreichen, muss die Industrie ihre energieintensiven Grundstoffe – wie Stahl, Zement, Kunststoffe, Papier, Glas, Metalle – klimafreundlich produzieren. Den Rahmen für diese Industrietransformation muss wiederum die Politik schaffen. Auf dem Programm von EU und Bundesregierung stehen dazu zahlreiche Maßnahmen.

Von Katharina Knoop und Anna Leipprand

Klappt Klimaschutz als Industrieprojekt? Die Mehrheit der Industrieunternehmen in Deutschland nimmt offenbar die Herausforderung an – sie macht die Transformation zu ihrem eigenen Projekt. Immer mehr Unternehmen, darunter große energieintensive Hersteller von Stahl, Chemikalien und Zement, verkünden das Ziel ihrer eigenen Klimaneutralität.<sup>1</sup> „Es ist völlig klar, dass auch Firmen mehr tun müssen“, bekannte der Präsident des Bundesverbands der Deutschen Industrie, Siegfried Russwurm, mit Blick auf den Ausstieg aus der fossilen Energie im Juni 2021, „aber dafür brauchen wir Rahmenbedingungen“<sup>2</sup>.

Dass im Bereich Politik für die Industrietransformation dringender Handlungsbedarf herrscht, sehen alle Beteiligten. Die Aufgabe der Transformation, vor allem der energieintensiven

1 Für ihren Artikel „Caught in between: credibility and feasibility of the voluntary carbon market post-2020“ (<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2021.1948384?needAccess=true>) identifizierten Kreibich und Hermwille z. B. auf internationaler Ebene 482 große Unternehmen mit einem Jahresumsatz von jeweils über 1 Milliarde US-Dollar, die sich ein Neutralitätsziel gesetzt hatten. Zudem stellten sie fest, dass beinahe wöchentlich neue Unternehmen hinzukommen.

2 <https://www.dw.com/de/industrie-will-klarheit-beim-klimaschutz/a-57990902>

Industrie, ist zu groß, um von den Unternehmen allein bewältigt zu werden. Denn für eine klimaneutrale Industrie braucht das Land kapitalintensive neue Infrastrukturen wie Wasserstoffpipelines und eine Vervielfachung erneuerbarer Energiequellen. Aktuell verursacht die Industrie ungefähr noch ein Viertel der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Bis 2030 muss der Treibhausgasausstoß im Industriesektor laut dem nach dem Urteil des Bundesverfassungsgericht überarbeiteten Klimaschutzgesetz von 178 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in 2020 auf 118 Mio. t CO<sub>2</sub> sinken. Um bis 2045 vollständige Klimaneutralität zu erlangen, müssen die Emissionen gegen Null gehen.

Dabei hat die Industrie, die 1990 noch 284 t CO<sub>2</sub> emittierte, schon viel erreicht. Einfache Möglichkeiten zur Einsparung von Energie und Emissionen hat sie oft allein schon aus Kostengründen ausgeschöpft. Ihre zentralen verbleibenden Hebel sind eine Reduktion ihres Bedarfs, mehr Kreislaufwirtschaft sowie innovative kohlenstoffarme Verfahren zur Grundstoffproduktion. Letztere Technologien gehen weit über

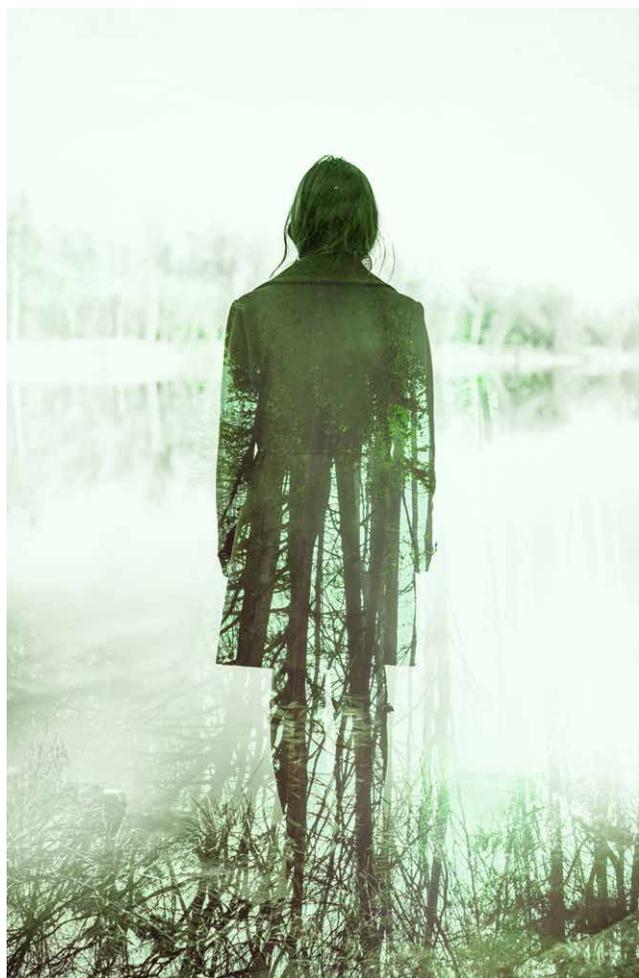
Effizienzverbesserungen hinaus und bedeuten oft die komplette Umstellung der bisherigen Produktionsprozesse. Sie erfordern hohe Investitionen für Forschung und Entwicklung, Modell- und Demonstrationsvorhaben sowie die Markteinführung. Dafür haben Unternehmen dann die Chance, frühzeitig ihre Geschäftsmodelle an zukünftige Erfordernisse anzupassen und sich eine gute Position auf internationalen Märkten zu sichern: Wer jetzt in die Transformation investiert, profitiert als Innovationsführer und vom Export innovativer Lösungen.

Damit dies gelingt, braucht es verlässliche Rahmenbedingungen, die zur Umsetzung der langfristigen Emissionsreduktionsziele gleichfalls langfristige Investitionssicherheit schaffen. Schließlich muss z. B. die Stahlindustrie in der EU einer Studie von Roland Berger zufolge rund 100 Milliarden Euro investieren, um die Rohstahlproduktion auf Klimaneutralität umzustellen.<sup>3</sup> Erste umfassende Regelungen, um diese Herkules-Aufgabe anzugehen und ins-

3 Roland Berger, 2020, Stahlindustrie am Scheideweg, <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Europas-Stahlindustrie-am-Scheideweg.html>



gesamt 55 Prozent Emissionsreduktion bis 2030 zu erreichen, hat die EU-Kommission nun im Rahmen ihres Fit-for-55-Gesetzespakets vorgeschlagen. Auch die Bundesregierung arbeitet an neuen Regelungen, um das auf 65 Prozent verschärfte deutsche Reduktionsziel bis 2030 zu realisieren.



© istockphoto.com: altmodern

## Klimaschutz muss sich wirtschaftlich lohnen ...

Es ist, wie es ist: Unternehmen werden ihre Transformationsstrategien nur dann umsetzen, wenn sie einigermaßen sicher sein können, dass es sich langfristig auszahlen wird. Eine wichtige Rolle in dieser Rechnung spielt der CO<sub>2</sub>-Preis. Je teurer CO<sub>2</sub>-Emissionen sind, desto höher werden die Kosten konventioneller klimaschädlicher Produktionsverfahren, und desto eher werden neue klimafreundliche Verfahren wettbewerbsfähig. Der Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen im Europäischen Emissionshandel, der auch die Industrieproduktion betrifft, ist nach einem zunächst laschen Start mit verschenkten Emissionszertifikaten in den letzten Jahren und Monaten stark gestiegen und lag im Dezember 2021 bei inzwischen 80 Euro. Die Europäische Kommission schlägt vor, die Menge an zu handelnden Emissionszertifikaten zukünftig noch schneller und stärker zu verknappen, unter anderem durch eine stärkere Reduktion der gesamten jährlichen Zuteilungsmenge (4,2

Prozent statt aktuell 2,2 Prozent)<sup>4</sup>. Steigende Preise und deren Erwartung sind von großer Bedeutung, um Transformationsprojekte wirtschaftlich tragfähig zu machen.

Allerdings brauchen diese Projekte übergangsweise noch zusätzliche Unterstützung. Dies liegt zum einen daran, dass der CO<sub>2</sub>-Emissionshandelspreis noch nicht hoch genug ist, um die zusätzlichen Kosten zentraler klimafreundlicher Produktionsverfahren für die Grundstoffindustrie betriebswirtschaftlich zu rechtfertigen. Zum anderen gibt es keine Garantie dafür, wie sich der CO<sub>2</sub>-Preis und die begleitenden Regelungen für die Industrie entwickeln werden, so dass Investitionsvorhaben mit hohen Risiken verbunden sind. Damit Unternehmen sich nicht fürs Abwarten entscheiden oder womöglich sogar dafür, doch noch einmal in neue konventionelle Anlagen zu investieren, braucht es gezielte Förderung. Der Staat sollte die Mehrkosten klimafreundlicher Produktion, soweit sie nicht vom CO<sub>2</sub>-Preis abgedeckt sind, kompensieren und

<sup>4</sup> lt. EU-Gesetzesvorschlag, [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-eu-ets\\_with-annex\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-eu-ets_with-annex_en_0.pdf), S. 17



die Projekte auf diese Weise absichern – zum Beispiel durch Klimaschutzverträge<sup>5</sup> zwischen Staat und Unternehmen, die derzeit bereits als Pilotprogramm auf nationaler Ebene entwickelt und auch auf europäischer Ebene diskutiert werden.

Zur Finanzierung von Klimaschutzprojekten benötigt die Grundstoffindustrie neben Eigenkapital und staatlichen Mitteln auch Fremdkapital von Investoren aus der Privatwirtschaft. Bei diesen steigt gerade – durch wachsendes öffentliches Umweltbewusstsein und die Sorge um drohende Verluste – das Interesse, mit ihrem Kapital Klimaschutzaktivitäten zu fördern. Um Investoren die Unterscheidung zwischen grünen und nicht-grünen Unternehmensaktivitäten zu erleichtern, werden von Seiten der EU aktuell Instrumente erarbeitet, die bei der Auswahl geeigneter Investitionsobjekte helfen sollen. Für die Umsetzung der Industrietransformation ist es wichtig, dass die Kriterien der sogenannten EU-Taxonomie sicherstellen, dass aktuell noch wenig grünen, aber

<sup>5</sup> Informationen liefert z. B. diese Studie: [https://irees.de/wp-content/uploads/2021/04/Konzeptstudie-Klimaschutzvertraege-fuer-die-Industrie\\_IREEES\\_ISI\\_OeK0.pdf](https://irees.de/wp-content/uploads/2021/04/Konzeptstudie-Klimaschutzvertraege-fuer-die-Industrie_IREEES_ISI_OeK0.pdf)

transformationswilligen energieintensiven Unternehmen weiterhin Fremdkapital zur Verfügung gestellt wird, um damit in klimaneutrale Technologien zu investieren.

Zudem lohnen sich Investitionen in innovative Technologien für Unternehmen auch dann, wenn viele Kunden ihre klimafreundlich produzierten Waren nachfragen. Die Entwicklung eines Markts für diese Produkte lässt sich durch verschiedene Politikmaßnahmen ankurbeln. Dazu gehören die Festlegung von Qualitätsstandards, die bestimmte Produkte erfüllen müssen, sowie von Quoten, die den Anteil klimafreundlicher Produkte an der Gesamtmenge bestimmen. Des Weiteren sollten öffentliche Stellen eine Vorbildfunktion einnehmen und benötigte Waren nachhaltig beschaffen. Wichtige Gesetzesvorschläge zu nachhaltigen Produkten, allen voran die Überarbeitung der Ökodesign-Richtlinie, kündigt die EU-Kommission für 2022 an. Ambitionierte Regelungen in diesem Bereich können nach allen bisherigen Erfahrungen zu großen Emissionseinsparungen führen

und staatliche Förderung schneller überflüssig machen.

## ... innerhalb der EU und weltweit

Wichtig ist auch: Was bedeutet die Transformation zur Klimaneutralität für die Industrie im internationalen, außereuropäischen Kontext? Solange in der EU ein Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen existiert, in anderen Ländern aber nicht oder nicht in gleicher Höhe, stellt sich die Frage, wie trotzdem faire internationale Wettbewerbsbedingungen für die EU-Industrie hergestellt werden können. Gelingt dies nicht, könnten Produktion und Kapital sich in Länder verlagern, in denen Unternehmen günstiger klimaschädlich produzieren können. Ein so genannter Grenzausgleich zur Verteuerung des Imports ihrer Produkte kann den Wettbewerb entspannen.

Schließlich haben seit dem Start des EU-Emissionshandelssystems im Jahr 2005 die im internationalen Wettbewerb stehenden energieintensiven Industrieunternehmen der EU ihre



Emissionszertifikate zum Ausgleich in großem (aber sinkendem) Umfang kostenlos zugeteilt bekommen. Weil die kostenlose Zuteilung das CO<sub>2</sub>-Preissignal, welches eigentlich Innovationen anregen soll, für die Industrie schwächt, steht sie seit langem in der Kritik der Umweltverbände. Nach dem Vorschlag der Kommission soll die kostenlose Zuteilung künftig weiter reduziert werden. Die Kommission schlägt zudem vor, sie schrittweise durch einen Grenzausgleichsmechanismus zu ersetzen. Importeure bestimmter Waren müssten dann ebenfalls Emissionszertifikate erwerben – sofern im Herkunftsland nicht ein ähnlicher CO<sub>2</sub>-Preis existiert wie in der EU. So würden Kostenunterschiede, die durch den Emissionshandel in der EU gegenüber ausländischer Produktion entstehen, ausgeglichen und nebenbei ein Anreiz für andere Länder entstehen, ebenfalls eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung einzuführen.

Auf der anderen Seite birgt dieser Grenzausgleich auch eine Reihe von Risiken. Beispielsweise die Schwierigkeit, die in den importierten Produkten enthaltenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ermitteln,

mögliche Konflikte mit internationalen Handelspartnern, eventuelle Nachteile für Unternehmen, die aus der EU exportieren, und die Möglichkeit, dass in die EU importierende Länder ihre Produkte „grünrechnen“ und so den Grenzausgleich umgehen. Die Kommission schlägt eine Einführung des Grenzausgleichs mit einer vorgeschalteten Testphase von 2023 bis 2025 vor. Diese Testphase sollte genutzt werden, um diese Risiken einzudämmen und faire internationale Wettbewerbsbedingungen sicherzustellen.



© istockphoto.com: LUMEZIA

Trotz aller Schwierigkeiten ist der Vorschlag für einen Grenzausgleich ein wichtiges Signal der EU-Kommission, dass sie es ernst meint mit dem CO<sub>2</sub>-Preis. Je mehr Länder außerhalb der EU ihrerseits einen CO<sub>2</sub>-Preis einführen, und je stärker der CO<sub>2</sub>-Preis international abgestimmt ist, desto weniger nötig ist ein Grenzausgleich – und die globale Produktion kann klimaneutral werden. Deshalb sind parallel Bemühungen um kooperative Lösungen mit wichtigen Handelspartnern, die bei der Industrietransformation vorangehen möchten, notwendig. Im besten Fall könnten diese in die Entstehung von „Klimaklubs“ münden, die wiederum Keimzellen für eine stärker international koordinierte CO<sub>2</sub>-Bepreisung werden könnten.

Grüne Energie und Infrastrukturen sind erforderlich...

Um klimaneutral zu werden, benötigt die Industrie zusätzlich große Mengen an kohlenstoffarmer Energie: Einerseits erneuerbaren Strom für bestehende Prozesse (z. B. in der Aluminiumproduktion) sowie für auf einen elektrischen Betrieb umgestellte Verfahren. ►



Andererseits lassen sich auf Basis von grünem Strom verschiedene Brennstoffe und chemische Grundstoffe herstellen, um fossile Energieträger zu ersetzen. Von größter Bedeutung für die Industrie ist die Herstellung von grünem Wasserstoff, der insbesondere für die klimafreundliche Herstellung von Stahl und Basischemikalien sowie teilweise auch für Prozesswärme benötigt wird<sup>6</sup>. Zudem ist voraussichtlich ein deutlich größerer Anteil nachhaltiger Biomasse nötig – als Brennstoff, Rohstoff und für die Erzeugung von negativen Emissionen in Verbindung mit Kohlendioxid abscheidenden und speichernden CCS-Technologien. Für die Transformation der Industrie ist entscheidend, dass diese grüne Energie versorgungssicher und zu wettbewerbsfähigen Kosten zur Verfügung steht. Da auch in anderen Sektoren der Bedarf an erneuerbaren Energien steigt, muss der Ausbau der Produktion im Zentrum der politischen Bemühungen stehen.

Um ganz sicher Klimaneutralität in Deutschland zu erreichen, muss man die Ziele für den Ausbau der erneuer-

<sup>6</sup> s. Stefan Lechtenböhrer, Ideen für den Wandel, factory 2-2021 „Industrie“, S. 18

baren Stromerzeugung anheben – 2045 wird voraussichtlich fünfmal<sup>7</sup> mehr Produktionskapazität benötigt als heute. Also müssen unter Berücksichtigung von Naturschutzanforderungen ausreichend Flächen für die erneuerbare Stromerzeugung ausgewiesen und Genehmigungsverfahren beschleunigt werden. Grüner Wasserstoff wird nur rechtzeitig für die Umstellung industrieller Produktionsverfahren zur Verfügung stehen, wenn jetzt die inländische Wasserstoffproduktion und -anwendung gefördert werden.

Damit die grüne Energie vom Produktionsort zu den Industrieunternehmen gelangt, ist ein starker Ausbau der Infrastruktur unumgänglich: Nötig sind Stromnetze, vor allem um grünen Strom aus dem windreichen Norden nach NRW und in den Süden zu bringen. Um Wasserstoff aus dem näheren Ausland zu importieren, müssen erste Pipelines von den Orten der Erzeugung zu großen Verbrauchern gebaut werden.

<sup>7</sup> s. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045/>

Und nicht zuletzt muss sich die Politik möglichst bald der Frage stellen, wie die notwendigen Transportstrukturen für CO<sub>2</sub> – das zum Beispiel in Zementwerken abgeschieden und unterirdisch gespeichert oder für die Produktion von neuen Chemikalien genutzt werden soll – aufgebaut werden können. In diese Infrastrukturvorhaben muss die Politik teils selbst investieren oder privatwirtschaftliche Initiativen über finanzielle Förderung unterstützen und regulatorisch möglich machen.



## ... ebenso wie die Unterstützung der Gesellschaft

Fest steht: Eine klimaneutrale Industrie lässt sich nur erreichen, wenn alle mitziehen – in ihrer Rolle als Industrieakteure, Arbeitnehmerinnen, Konsumenten, Bürgerinnen. Obwohl in Deutschland grundsätzlich eine hohe Akzeptanz für die Energiewende herrscht, gab es in den vergangenen Jahren über ihre Ausweitung und Kosten vermehrt Streit. Welche Maßnahmen und Konflikte die industrielle Transformation in Zukunft mit sich bringen wird, ist nur teilweise vorhersehbar.

Vor allem der große Bedarf an grüner Energie in der Industrie, der zum Beispiel den Bau von Windrädern, Stromtrassen und Wasserstoff- und Kohlenstoffpipelines erfordert, birgt hohes Konfliktpotenzial. Des Weiteren stellt sich die Frage, wie die Kosten der Transformation gerecht verteilt werden können. Insgesamt müssen die nötigen Maßnahmen zur Industrietransformation von der Gesellschaft mindestens akzeptiert und bestenfalls aktiv unterstützt werden. Neben der Industrie selbst

sowie zivilgesellschaftlichen Organisationen ist hier auch die Politik gefragt, die Menschen innerhalb weniger Jahre hierbei mitzunehmen.

Aufgabe der Bundespolitik ist es, für Länder und Kommunen einen geeigneten Rahmen zu schaffen, Impulse zu setzen und ihre Akzeptanzpolitik kontinuierlich weiterzuentwickeln. Zu einem ganzheitlichen Ansatz gehört zum Beispiel, dass die Bundespolitik ihre Ziele in Bezug auf die Industrietransformation verständlich erklärt, entsprechend entschlossen sowie transparent handelt und ausreichend mit den Bürger\*innen spricht.

Damit sich der Ausbau erneuerbarer Energien auch für die Menschen vor Ort lohnt, könnten finanzielle Teilhabe und mehr lokale Wertschöpfung als Anforderungen gesetzlich verankert werden. Außerdem müssen mögliche Standorte – auch für Pipelines und andere Infrastrukturprojekte – fair geplant werden. Zusätzlich stellen die EU sowie Deutschland Finanzhilfen für Regionen wie Kohlebergbaugebiete, Industriezweige und Arbeitnehmer\*innen bereit, die besonders vom Übergang zu einer

klimaneutralen Wirtschaft betroffen sind. Auf diese Weise sollen soziale und wirtschaftliche Folgen des Übergangs abgefedert werden. All dies könnte dazu beitragen, dass in der Gesellschaft die Akzeptanz von Maßnahmen gesteigert wird, die eine Voraussetzung für die industrielle Transformation darstellen.

## Weichen werden jetzt gestellt

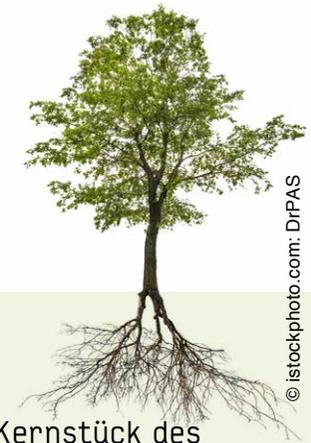
Aktuell arbeiten Politiker\*innen auf nationaler und EU-Ebene auf Hochtouren, um Klimaschutzaktivitäten in der Industrie einen geeigneten Rahmen zu geben. Dabei sind vor allem die im Rahmen des Fit-for-55-Pakets von der EU-Kommission vorgeschlagenen umfassenden Maßnahmen aus Sicht der Industrie durchaus ehrgeizig. Umweltverbände fordern dagegen mehr Tempo und Ambition. In den im Herbst 2021 begonnenen Verhandlungen mit den Mitgliedsstaaten und dem EU-Parlament können die Kommissionsvorschläge in ihrer Klimaschutzwirkung optimiert werden – wenn es gelingt, die zentralen Elemente auch



gegen mögliche Widerstände einzelner Mitgliedstaaten durchzusetzen.

Auch die Art der Umsetzung in Deutschland und den anderen Mitgliedsstaaten kann einen großen Unterschied in der tatsächlichen Wirkung der Politikmaßnahmen machen. Ob die Fit-for-55-Regelungen als Grundlage für die Industrietransformation in die EU-Geschichte eingehen werden, bleibt allerdings abzuwarten. Eile ist in jedem Fall geboten: Weil die Investitionszyklen in der Grundstoffindustrie sehr lang sind und der Infrastrukturaufbau Jahre dauert, müssen die Weichen für die Industrietransformation jetzt gestellt werden. Da aber ohnehin viele schwerindustrielle Anlagen erneuert werden müssen, sind die Bedingungen dafür eigentlich nicht so schlecht. ■

Katharina Knoop und Dr. Anna Leipprand sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen am Wuppertal Institut, Forschungsbereich Strukturwandel und Innovation in der Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Transformation der Industrie sowie die deutsche und europäische Energie- und Klimapolitik.



## Empfehlungen/Literaturhinweise

- IN4climate.NRW. 2021. Klimaschutzverträge für eine beschleunigte Transformation der Industrie. Positionspapier von IN4climate.NRW. Gelsenkirchen: IN4climate.NRW. [https://www.in4climate.nrw/fileadmin/Nachrichten/2021/Pressemitteilung\\_F%C3%B6rderinstrument\\_f%C3%BCr\\_Klimaneutralit%C3%A4t/in4climatenrw-positionspapier-klimaschutzvertr%C3%A4ge-de-web-2021-05.pdf](https://www.in4climate.nrw/fileadmin/Nachrichten/2021/Pressemitteilung_F%C3%B6rderinstrument_f%C3%BCr_Klimaneutralit%C3%A4t/in4climatenrw-positionspapier-klimaschutzvertr%C3%A4ge-de-web-2021-05.pdf)
- Kreibich, Nicolas et al. 2021. Klimaneutralität in Unternehmen – Zehn Empfehlungen für die Umsetzung. Zukunftsimpuls Nr. 20. Wuppertal: Wuppertal Institut. [https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/ZI20\\_Neutralitaetsziele.pdf](https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/ZI20_Neutralitaetsziele.pdf)
- Lechtenböhmer, Stefan, Fishedick, Manfred. 2020. Integrierte Klima-  
Industriepolitik als Kernstück des europäischen Green Deal. In brief 09/2020. Wuppertal: Wuppertal Institut. [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7482/file/7482\\_Klima-Industriepolitik.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7482/file/7482_Klima-Industriepolitik.pdf)
- Leipprand, Anna et al. 2020. Auf dem Weg zur klimaneutralen Industrie – Herausforderungen und Strategien. In Forschung für den European Green Deal – Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2020, 15 - 20. Berlin: FVEE. [https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2020/th2020\\_02.pdf](https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2020/th2020_02.pdf)
- Wuppertal Institut. 2021. Zeit für den Kurswechsel: Hin zu einer klimagerechten, ressourcenleichten Gesellschaft. Zukunftsimpuls Nr. 17. Wuppertal: Wuppertal Institut. [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7777/file/ZI17\\_Kurswechsel.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7777/file/ZI17_Kurswechsel.pdf)

» The real problem is not whether machines think but whether men do.

Die wirkliche Frage ist nicht, ob Maschinen denken können, sondern ob Menschen es tun.«

B. F. Skinner, 1904 – 1990, US-amerikanischer Psychologe, Erfinder des so genannten „programmierten Lernens“ und Autor des utopischen Romans „Walden Two“. Aus „Contingencies of Reinforcement“, 1969



# Mit Künstlicher Intelligenz zu mehr Nachhaltigkeit in der Produktion

Über die Möglichkeiten der KI wird aktuell viel spekuliert und geforscht. Was können wir von ihr für die Nachhaltige Entwicklung und für eine zukunftsfähige Produktion erwarten? Wo wird sie jetzt schon sinnvoll eingesetzt? Und wenn: Wo liegen ihre Grenzen?

Von Christiane Schulzki-Haddouti

Mit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts im März 2021 zur Generationengerechtigkeit ist ein konsequenter Klimaschutz zur rechtlich bindenden Pflicht der politischen Gestaltung geworden. Die Zeit für eine wirksame Umsetzung ist knapp, das Emissionsbudget begrenzt. Der Weltklimarat betonte noch im August 2021 bei der Vorstellung des ersten Teils des 6. Sachstandsberichts, dass jede einzelne zusätzliche Tonne Treibhausgas die Lage nicht nur für Menschen, sondern auch für Tiere und Pflanzen verschlechtern wird.

Somit muss auch die produzierende Industrie ihre Reduktionsleistung weiter erhöhen, um ihrerseits Klimaneutralität möglichst schnell zu erreichen. Ihr Energie- und Ressourcenverbrauch steht hierbei im Fokus der Anstrengungen. Alexander Sauer, Leiter des Fraunhofer IPA und des Instituts für Energieeffiziente Produktion (EEP) der Universität Stuttgart, setzt auf den rigorosen Bruch: „Wir benötigen kurz- bis mittelfristig eine massive Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch.“

Größere Hilfe dafür verspricht man sich in Industrie und Forschung von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). Immerhin würden bereits 42 Prozent der produzierenden Unternehmen in Deutschland diese einsetzen, heißt es. Die größten Einsparpotenziale sehen sie beim Material- und Energieverbrauch. Das zeigen mehrere Anwendungsszenarien im verarbeitenden Gewerbe in einer Studie des VDI Zentrum Ressourceneffizienz (ZRE) und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA).

## Die Flexibilität in der Produktion optimieren

Mit KI-gestützten Methoden bieten sich viele unterschiedliche Ansatzpunkte, nachhaltige Prozesse zu befördern. Das berichten auch Anwender\*innen im Interviewprojekt „KI und Nachhaltigkeit“ der Plattform „Lernende Systeme“ des Bundesforschungsministeriums. Beispielsweise arbeitet im Projekt „REFlex“ das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF mit weiteren Partnern daran, dynamische

Energiemanagementsysteme (DEMS) in industriellen Prozessen optimal flexibel zu nutzen.

Dazu ermitteln die Forscher in einer Tischlerei in Magdeburg mit Messgeräten in Echtzeit, wieviel Energie die hauseigene Photovoltaikanlage generiert und wieviel Strom die Produktion verbraucht. Ziel ist es, die Produktion auf die Energieerzeugung mittels KI so zu optimieren, dass das Unternehmen Möbel fertigen kann, für die nicht nur das Holz, sondern auch der Strom ökologisch erzeugt wurde.

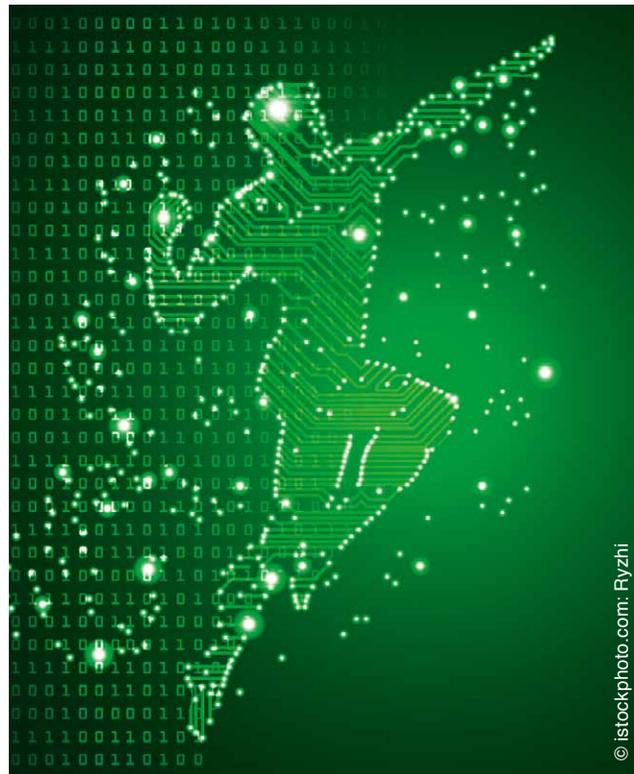
Die Forscher erstellen auf Basis der ermittelten Werte Vorhersagen für Last und Erzeugung. Damit kann zum einen die Produktion an die Energieerzeugung angepasst und ein Pufferspeicher genutzt werden. Das bedeutet, dass auf Vorrat produziert wird, wenn viel Energie zur Verfügung steht, und die produzierten Teile gelagert werden können. Zum anderen könnten die Mitarbeiter je nach Energielage flexibel arbeiten. Die Erforschung der Mitarbeiterakzeptanz für eine gewisse Flexibilität der Arbeitszeiten ist Teil des Projekts. Schließlich können Energiespeicher eingesetzt wer- ►

den, die jedoch mit hohen Investitionskosten einhergehen.

Für Julia Arlinghaus, Leiterin des Fraunhofer IFF, Experte für die Optimierung von Produktions- und Logistiksystemen und Mitglied des Wissenschaftsrats der Bundesrepublik Deutschland, ist dieses ein kleines, aber sehr wichtiges Projekt. Arlinghaus forscht zu Resilienz durch dezentrale Systeme. Sie ist davon überzeugt, dass Produktionsplanung und -steuerung von energieintensiven Prozessen auf die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien ausgerichtet werden können, wobei KI-gestützt eine flexible Produktionsauslastung erreicht werden könnte. Sie glaubt, wenn sogenannte Guards in den Anwendungen die Plausibilität von Sensordaten überprüfen und die Anpassung unterstützen, dass dann dezentral organisierte Systeme mit lokalen Daten schneller Entscheidungen treffen könnten.

Außerdem könnten so selbstheilende Lieferketten und Produktionsnetzwerke mit digitalen Zwillingen aufgebaut werden. Mit Hilfe eines KI-gestützten Process Mining ließen

sich Plattformen aufsetzen, mit denen freie Kapazitäten in Unternehmen aufgedeckt werden. Diese könnten im Krisenfall auch Mitbewerbern zur Verfügung gestellt werden, was wiederum gemeinsamen Kunden nutzt und so die Resilienz des Gesamtsystems stärkt. Den Schlüssel für eine erfolgreiche Umsetzung solcher Resilienz fördernden Netzwerke sieht Arlinghaus in der Bereitschaft von Unternehmen zur Kooperation und zu gegenseitigem Vertrauen.



## Unternehmerische Wertschöpfungsprozesse auf Nachhaltigkeit optimieren

Wertet man die Datenflüsse unternehmerischer Prozesse systematisch im laufenden Betrieb aus, lassen sich Prozesse auf Effizienz optimieren. Mit diesem sogenannten Process Mining können betriebliche Prozesse auch auf ökologische Nachhaltigkeit getrimmt werden. Das zeigen Beispiele aus der Praxis des Münchener IT-Unternehmens Celonis. Es wertet die Prozessdaten in den IT-Systemen aus. Unterstützt mit Methoden der künstlichen Intelligenz werden daraufhin Verbesserungsmaßnahmen empfohlen. Diese können entlang der gesamten Wertschöpfungskette die Prozesseffizienz erhöhen. Celonis setzt mit einer KI-gestützten Analysesoftware die Methode des Process Mining um, die der niederländische Professor Wil van der Aalst entwickelt hatte. Zu den Kunden gehören beispielsweise Siemens, Bayer und Lufthansa.

Celonis-Anwender konnten mit Prozessoptimierung im Produktionsbereich die Ausschussrate nahezu auf Null ►

bringen, die normalerweise bei 15 bis 25 Prozent liegt. Im Logistikbereich können Unternehmen ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verkleinern, wenn sie Transporte effizienter steuern.

Mit Blick auf das Lieferkettengesetz erwartet Julia Arlinghaus, dass große Unternehmen bei der Umsetzung zügig voranschreiten und Lieferanten, die keine Transparenz im gewünschten Maße liefern könnten, aus ihrem Portfolio ausschließen werden. Celonis-Nachhaltigkeitsmanagerin Janina Nakladal kann das bestätigen: Die Transparenz des Lieferantenportfolios in Sachen Nachhaltigkeitskriterien sei derzeit für viele Unternehmen „das spannendste Thema“.

Beispielsweise können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über automatisierte Handlungsempfehlungen Lieferanten auswählen, die ein ähnliches Set an ökologischen und sozial-nachhaltigen Kriterien erfüllen. Nakladal hält es allerdings für ein „großes Problem“, dass es hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien noch zu wenige Standards gibt. Auch sei es meistens noch nicht möglich, „die Herkunft aller

Komponenten eines Produktes bis ins kleinste Detail nachzuverfolgen“. Derzeit sei es bereits eine große Hilfe, wenn überhaupt schon eine Bewertung zu einem Lieferanten vorliegt. Nakladal: „Die Verbesserung der Datenqualität ist die größte Herausforderung im Nachhaltigkeitsmanagement.“

## Den Schluss zur Kreislaufwirtschaft finden

Noch gibt es keinen Celonis-Anwender, der Process Mining bereichsübergreifend für die Optimierung der Lieferkette sowie der Produktions- und Logistikprozesse einsetzt. Auch gibt es niemanden, der es bereits nutzt, um im Sinne der Kreislaufwirtschaft Altteile werterhaltend aufzuarbeiten. Damit sind es in den Unternehmen bisher nur einzelne Bereiche, in denen Process Mining für Nachhaltigkeitseffekte sorgt. Doch das wird sich bald ändern. Forschungsprojekte arbeiten daran, mit KI-Methoden die Kreislaufwirtschaft voranzubringen: Prozesse der Rohstoffgewinnung bzw. Lebensmittelerzeugung können KI-gestützt beobachtet und analysiert

werden. Produkte können so gestaltet werden, dass sie abhängig von Art und Zustand recycelt oder aufbereitet werden können.

Wie sich der KI-gestützte Anschluss an die Kreislaufwirtschaft (siehe auch S. 26 in diesem factory-Magazin) finden lässt, zeigt das Projekt „Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen“ (EIBA) von der TU Berlin und dem Fraunhofer-Institut IPK in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Circular Economy Solutions GmbH (C-ECO).

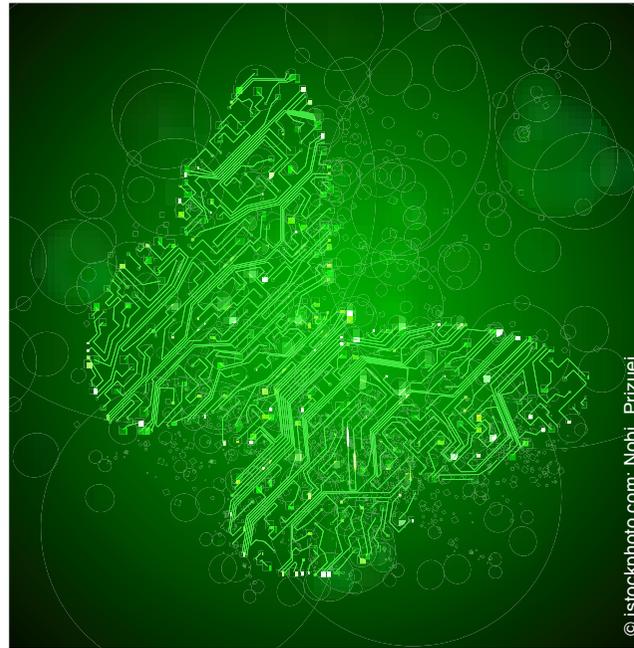
Sensorisch erfasste Daten der Altteile aus der Automobilbranche werden hier mit Hilfe von künstlicher Intelligenz in Kombination mit weiteren Informationen ausgewertet, um eine Entscheidungsempfehlung zu generieren. Ziel ist es, ein System zur Identifikation und Zustandsbewertung zu entwickeln, wobei die Datenbasis mit neuen Produkten und Anforderungen kontinuierlich erweitert werden soll, um den Menschen in seinen Entscheidungen maschinell zu unterstützen.



## Für Investoren Nachhaltigkeitsbewertungen optimieren

Man sieht: Die domänenspezifischen KI-Anwendungen zur Optimierung von Nachhaltigkeitsprozessen stecken oftmals noch in den Kinderschuhen. Ihre Transformationskraft werden sie erst im Zusammenspiel mit weiteren Faktoren entwickeln. So werden neue Ansätze zur nachhaltigen Gestaltung ökonomischer Wertschöpfungsprozesse diskutiert, die beispielsweise Wege in eine resiliente Kreislaufwirtschaft bahnen oder die Entkopplung von unternehmerischer Wertschöpfung von der Emissionsintensität befördern.

Das ist nicht nur im Interesse von Unternehmen, sondern auch von Investoren: Datenanalyse-Unternehmen entwickeln sozialökologische Kennzahlen, die auch nicht nur steuernd in Process-Mining-Systemen eingesetzt, sondern auch von Börsen-Analysten und Investoren zur Marktanalyse verwendet werden können. Im Rahmen einer Überarbeitung der europäischen Richtlinie zu Corporate Social Responsibility (CSR) sollen verpflichtende Standards für die



© istockphoto.com: Nobi\_Prizuel

Veröffentlichung nicht-finanzieller Risiken ausgeweitet werden.

Wenn Klimarisiken in Kennzahlen ausgedrückt werden können, lassen sie sich für automatisierte Analysen verwenden. Das Frankfurter Start-up „right based on science“ beispielsweise hat mit der X-Degree Compatibility (XDC) eine Klima-Kennzahl entwickelt, welche die Entkopplung unternehmerischer Wertschöpfung von der Emissionsintensität misst. Sie drückt sich in Grad Celsius aus und zeigt, welche Erderwärmung ein Unternehmen oder ein Aktien-Port-

folio erzeugen würde, wenn die ganze Welt so emissionsintensiv wirtschaften würde wie es selbst. Ein Unternehmen, das auf einem 4°C-Kurs ist, kann Maßnahmen suchen und wiederum mit XDC bewerten, die es auf einen 1,5°C-Kurs bringen können.

Die XDC-Kennzahl kann laut Unternehmensgründerin Hannah Helmke auch dazu genutzt werden, um in KI-Anwendungen die ökonomische Emissionsintensität zu optimieren. Damit würde in der ganzen Wertschöpfungskette des Unternehmens die Entkopplung von Emissionen und Wertschöpfung vorangetrieben. Helmkes Unternehmen hat bei einer Studie von Capgemini mitgewirkt. Diese kam in einer Befragung von 400 Unternehmen zu dem Schluss, dass Unternehmen sich dann an das Pariser 2°C-Ziel annähern können, wenn sie nicht nur eine klare Klimastrategie verfolgen, sondern auch gezielt KI zur Verfolgung dieses Ziels einsetzen.

An der ETH Zürich entwickeln Bjarne Steffen, David Friederich und Lynn Kaack im Rahmen des Projekts „GREENFIN - Der Beitrag grüner Finanzpolitik zur Energiewende“ zu



diesen Fragen gerade ein KI-Modell. Für ihre Analyse planen sie tausende Jahresberichte von börsennotierten Unternehmen mit Methoden des maschinellen Lernens automatisiert zu filtern. Für das Modell haben sie einen eigenen Trainingsdatensatz erstellt, der auf einer präziseren Definition der Klimarisiken beruht, die sie eigens für den automatisierten Ansatz entwickelt haben.

Vorläufige Ergebnisse des Projekts zeigen, dass europäische Unternehmen in den letzten Jahren ihre Berichterstattung über Klimarisiken kontinuierlich erweitert haben. Nach dem Pariser Klimaabkommen im Jahr 2015 ist ein sichtbarer Anstieg zu verzeichnen. Dabei hat sich der Fokus mehr und mehr von den physikalischen zu den transitorischen Risiken verschoben.

## Problemzentriert interdisziplinär forschen und arbeiten

Die Hauptherausforderung besteht aktuell weniger in der konkreten Entwicklung und Anwendung der KI-Methoden, sondern eher in der kooperativen Ent-



© istockphoto.com: imaginima

wicklung von interdisziplinären Konzepten. Um Brücken zwischen der Informatik und den Ingenieurwissenschaften einerseits und zwischen Disziplinen wie den Klimawissenschaften und der Ökologie, der Rechts- und Politikwissenschaft sowie Ökonomie andererseits zu schlagen, wurden in den letzten Jahren neue Dialog- und Diskursplattformen organisiert, aber auch neue Tagungsformate wie „Bits und Bäume“ oder Konferenzen zu „Climate Change AI“.

In der Praxis verändert sich so eine zu Beginn eines Projekts möglicherweise technikzentrierte, solutionistische

Handlungsorientierung hin zu einer problemzentrierten und vielfältigen Herangehensweise. Die Wissenschaftsphilosophin Jessica Heesen sagt in diesem Zusammenhang: „Es ist ganz wichtig, sich bewusst zu machen, dass die Technik eben nicht alle Probleme lösen kann. Die technikzentrierte Herangehensweise fragt dann nur: Welche Vor- und Nachteile hat die KI für die Lösung dieses Problems? Und damit konzentriere ich mich stark auf die technische Lösung. Aber eine problemzentrierte Herangehensweise würde die KI vielleicht herausnehmen und sagen: Jetzt lass einfach diesen Blühstreifen stehen. Aber das hat dann nichts mit KI zu tun.“ ■

Christiane Schulzki-Haddouti ist Wissenschaftsjournalistin und arbeitet für zahlreiche Medien und Organisationen wie Technology Review, die Hochschule Darmstadt und das Bundesumweltministerium. Im factory-Magazin Mobilität berichtete sie über die Möglichkeit zur klimaneutralen Mobilität bis 2035.

➔ Link: Plattform Lernende Systeme: KI und Nachhaltigkeit, [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/PLS\\_KI\\_und\\_Nachhaltigkeit\\_2021.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/PLS_KI_und_Nachhaltigkeit_2021.pdf)

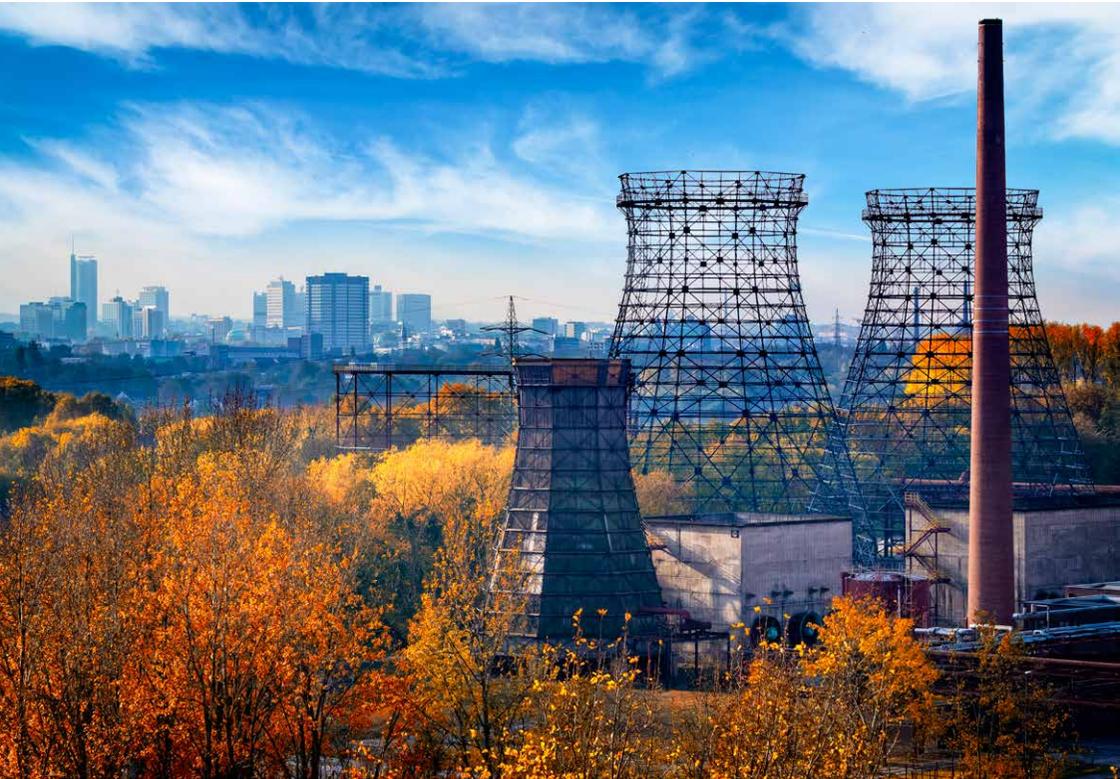
»Statt monumentaler Kultur- und Kirchenbauten und historischer Stadtkerne sollen in Zukunft beispielsweise die landschaftsspezifische und namenlose Architektur, das industrielle Kulturerbe und das Erbe der Moderne verstärkt berücksichtigt werden.«

Aus der „Handreichung der Kultusministerkonferenz der Länder zum UNESCO-Welterbe“ ([https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Kultur/2021-10\\_Broschuere\\_Welterbe\\_Annex21-10-25.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Kultur/2021-10_Broschuere_Welterbe_Annex21-10-25.pdf)), zitiert im Antrag auf Auszeichnung des nordrhein-westfälischen Dorfs Lützerath, das RWE für den Braunkohletagebau abreißen lassen will

# Neue Chancen für alte Standorte

Der Deindustrialisierung, also der Verlagerung von industrieller Produktion an günstigere Standorte im Zuge der Globalisierung, waren bereits viele Regionen der Welt ausgesetzt. Dieser Prozess setzt sich stetig fort – für die Regionen bedeutet der Strukturwandel viel: Mit den Veränderungen in Braunkohle-, Stahl- und Autoindustrie kommen weitere neue Aufgaben auf die Gesellschaft zu. Gleichzeitig können Industriestandorte zu Ankerpunkten eines ressourcenschonenden und kulturellen Wandels werden.

Ein Plädoyer von Timon Wehnert



Die Clubräume der Sociedad Bilbaina in Bilbao, ein Ort wie aus einem Film: ein Gentlemen's Club, holzvertäfelt, mit alten Bildern an den Wänden, Billardtischen und einer Bibliothek mit wertvollen Exemplaren aus dem 16. und 17. Jahrhundert. Ein Anachronismus, nicht nur weil diesen 1839 gegründeten Club seit kurzem auch Frauen besuchen dürfen, sondern weil er vom vergangenen Reichtum der Stahlindustrie in Bilbao zeugt, während heute an der Stelle der alten Stahlwerke unten am Ufer der futuristische Gehry Bau des Guggenheim Museums steht - das neue Wahrzeichen der Stadt.

Der Glanz alter Tage tritt in vielen alten Industrieregionen etwas unvermittelt hervor: die Stadthalle der einstigen Textilstadt Wuppertal, die Villa Krupp im Ruhrgebiet. Symbole für die wirtschaftliche Stärke bestimmter Industrien in den jeweiligen Epochen. Auch wenn die Arbeiter und deren Familien natürlich nicht in Villen, sondern aus heutiger Sicht sehr ärmlich gehaust haben. Aber heute sind selbst ihre Siedlungen teilweise denkmalgeschützt und verkehrsberuhigt als Wohnorte begehrt.

Im Ruhrgebiet wird einem die industrie-historische Spurensuche leicht gemacht. In vielen anderen Regionen muss man wesentlich genauer hinschauen, um zu erkennen: Ach ja, hier gab es auch mal eine bedeutende Industrie, die verschwunden ist oder ein Nischendasein fristet. Dabei sind die Produkte ja nach wie vor begehrt - Stahl, Textilien, Salz ... - nur ist die industrielle Produktion an günstigere Standorte weitergezogen. Vielfach verlieren wir sie aus dem Blickfeld, weil das Weiterziehen zunehmend ein globaler Prozess geworden ist. Das Weiterziehen hat einen Namen: Strukturwandel. Allerdings nur dort, wo die industrielle Produktion abwandert. In den Regionen, in die sie zieht, wird es Innovation genannt.

Innovationen und günstigere Produktionsbedingungen auf der einen Seite der Welt führen schon seit langem zu Strukturwandelprozessen auf der anderen Seite, in den alten Hochburgen. Oft kam der Wandel für die alten Regionen überraschend. In den 1960er Jahren wurde im Ruhrgebiet Kohle „auf Halde“ produziert - in der Hoffnung, dass die Nachteile im globalen Wettbewerb nur

vorübergehender Natur wären. Doch die unglaubliche Zahl von 600.000 direkt im Kohlebergbau Beschäftigten im Ruhrgebiet wurde immer kleiner, bis 2018 die letzte Zeche geschlossen wurde.

Manchmal sind globale Trends jedoch klar erkennbar. Der Übergang zu einer CO<sub>2</sub> armen und schließlich CO<sub>2</sub>-freien Wirtschaftsweise ist eine solche Entwicklung: Sie vollzieht sich schon - weltweit! -, aber sie wird auch noch einige Jahrzehnte andauern. War unsere Aufmerksamkeit in der Vergangenheit hier oft auf die klassische Energiewirtschaft und vor allem die Stromproduktion gerichtet, so wird heute immer offensichtlicher, dass mit diesem Prozess der Umbau ganzer Industrien verbunden ist - und das stellt die etablierten Industrieregionen vor große Herausforderungen.



## Renewables Pull

Industriestandorte sind sehr häufig dort entstanden, wo Energie billig und in großer Menge zur Verfügung stand. Auch in Zukunft wird für die energieintensive Industrie, also etwa Stahl-, Zement- oder Chemieindustrie, die Verfügbarkeit von billiger Energie ein wichtiger Standortfaktor sein. In einer Welt ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen werden also gerade Regionen mit reichlich verfügbaren und billigen Erneuerbaren Energien zunehmend attraktiver für die Industrie. Wie stark dieser „Renewables Pull“ gegenüber anderen Standortfaktoren sein wird, ist momentan noch schwer abzuschätzen. Klar ist aber, dass die etablierten Industriestandorte langfristig planen müssen und schon jetzt in neue Infrastrukturen investieren müssen: sei es in Wasserstoffpipelines oder Stromtrassen, um die erneuerbar erzeugte Energie effizient und günstig in die Industrieregionen zu transportieren.

Deutschland importiert aktuell etwa 70 Prozent seiner Primärenergie. Auch wenn die erneuerbaren Energien das Potenzial bergen, die Energieim-



© istockphoto.com: Phil7721

portquote zu senken: Als dicht besiedeltes Industrieland wird Deutschland auch in einer 100-Prozent-erneuerbaren Welt Energie importieren müssen. Power to X – also die Herstellung synthetischer Kraftstoffe mit erneuerbarem Strom ist die eine Option. Eine andere, dass sehr energieintensive Vorprodukte nicht mehr in Deutschland hergestellt werden. So könnten Stahlwerke in Zukunft weniger Eisenerz, dafür aber mehr vorreduzierten Eisenschwamm importieren.

Jede Region wird versuchen, einen möglichst hohen Anteil der bestehen-

den Wertschöpfungskette zu halten. Ein zentraler Faktor im globalen Wettbewerb wird es sein, möglichst bald und zu niedrigen Kosten CO<sub>2</sub>-arm und schließlich CO<sub>2</sub>-neutral zu produzieren. Immer mehr Industrieregionen in Europa sehen daher in ambitioniertem Klimaschutz eine Chance: Wenn die in der Region ansässigen Unternehmen frühzeitig Investitionen in den Klimaschutz tätigen, dann binden sie sich einerseits an den Standort und stärken andererseits ihre langfristige Wettbewerbsfähigkeit.



## Infrastrukturen - eine Gemeinschaftsaufgabe

Natürlich müssen die einzelnen Firmen Innovationen vorantreiben. Aber ein Blick auf Infrastrukturen zeigt, dass die Transformation hin zu einer nachhaltigen, CO<sub>2</sub>-neutralen Wirtschaft nicht von Einzelunternehmen allein gestaltet werden kann. Industrielle Prozesse, für die heute Kohle, Öl oder Erdgas verwendet werden, werden in Zukunft (erneuerbar erzeugten) Strom oder Wasserstoff nutzen. Beides – Strom- und Wasserstoffverbrauch – wird gegenüber heute ansteigen. Es ist also nötig, die entsprechenden Infrastrukturen zu schaffen: Stromleitungen, Wasserstoffpipelines. Dies erfordert große Investitionen – unter großer Unsicherheit. Denn wenngleich viele technologische Möglichkeiten schon jetzt absehbar sind – etwa die Stahlproduktion über Direktreduktion mit Wasserstoff (statt Kohle) – so ist es doch nicht vorhersehbar, wie hoch genau der Wasserstoffbedarf einer Industrieregion im Jahre 2040 sein wird.

Abwarten aber ist keine Option – weder im Sinne des Klimaschutzes, noch vor dem Hintergrund des zunehmenden globalen Wettbewerbs. Neue Infrastrukturen für Strom, Wasserstoff und Daten müssen jetzt geplant und gebaut werden. Hierfür ist es notwendig, dass sich Industrieregionen als Region verstehen, dass die verschiedenen Wissens- und Entscheidungsträger aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft zusammenkommen und sich auf zumindest grobe Fahrpläne für die Region einigen. Sich hier auf die Innovationskraft einzelner Unternehmen zu verlassen, greift zu kurz. Infrastrukturen sind Gemeinschaftsaufgaben.



© istockphoto.com: ewg3D



© istockphoto.com: Lukas Bischoff

## Die Jagd nach qualifizierten Fachkräften

Historisch betrachtet sind schon immer die Arbeiter in die Industrieregionen gezogen. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts war das oft die (bitter-)arme Landbevölkerung, nicht nur aus dem eigenen Land. Trotz der teilweise katastrophalen Arbeitsbedingungen waren Industrieregionen für Arbeitsmigranten attraktiv. Für die Schwerindustrie waren vor allem billige Arbeitskräfte nötig. Im Ruhrgebiet entstand daher erst spät ab 1965 die erste Universität: War es früher vorteilhaft, einem Großteil der Bevölkerung den Zugang zu Bildung zu verwehren, um möglichst viele, billige Arbeitskräfte zu haben – so hat sich das Blatt in der modernen Wissensgesellschaft gewendet. Hoch qualifizierte Fachkräfte sind ein wichtiger Standortvorteil geworden.

Ein kleines Gedankenexperiment: Was macht das Silicon Valley oder München wirtschaftlich so erfolgreich? Bei aller Unterschiedlichkeit sind beide Regionen auch Standorte neuer dienstleistungs- und IT-orientierter Firmen. Beide haben keine große Vergangenheit



© istockphoto.com: Nikada

in der energieintensiven Industrie. Ihre ökonomische Stärke fußt auch auf dem Vorhandensein hoch qualifizierter Fachkräfte. Auffällig ist, dass beides Regionen inmitten sehr schöner Natur sind und hohe Lebensqualität aufweisen. Das alleine reicht natürlich nicht – aber es hilft sicherlich im Wettbewerb um die schlauesten, am besten ausgebildeten Köpfe.

Viele Industrieregionen haben das inzwischen erkannt. Der blaue Himmel über der Ruhr war nur der Anfang. Die internationale Bauausstellung Emischer Park, der Phönixsee in Dortmund sind Beispiele, wie alt-industrielle

Regionen gezielt attraktiv gemacht wurden, so dass auch die gut Ausgebildeten in der Region bleiben oder sogar gerne dort hinziehen. Aber vielfach ist noch ein Umdenken nötig. Viele Bürgermeister\*innen und kommunale Verwaltungen betreiben noch eine sehr klassische Wirtschaftsansiedlungspolitik: Firmen ansiedeln, um Arbeitsplätze zu schaffen. Im Wettbewerb um gute Fachkräfte muss es aber auch um andere Faktoren gehen: Was macht gute Lebensqualität aus, wenn nicht KITAS, gute Schulen, eine interessante Arbeit, Natur, Kultur, Kunst?



## Neues erfinden – oder sich neu erfinden?

In einem der ersten Interviews, in dem Elon Musk den Standort der ersten Tesla-Gigafactory in Europa bekannt gibt, lobt er die Ingenieurskunst der deutschen Autobauer. Er sagt aber auch diesen Satz: “We are also going to create an engineering and design center in Berlin, because I think Berlin has some of the best art in the world”<sup>1</sup>. Manchem mag es wichtig sein, darauf hinzuweisen, dass die Teslafabrik gar nicht in Berlin, sondern im Land Brandenburg gebaut wird... Aber auf jeden Fall entsteht sie nicht in Wolfsburg, München oder Stuttgart.

Innovationssprünge stellen Industrieregionen vor riesige Herausforderungen. Der Übergang vom Verbrennungsmotor zum Elektroantrieb entwertet in rascher Geschwindigkeit das in Jahrzehnten aufgebaute Wissen zu Motoren und Getrieben in der Automobilindustrie und bei ihren Zulieferern. Kann man wirklich hoffen, dass ein hochspezialisierter Getriebehersteller in

1 <https://www.youtube.com/watch?v=6eahUyr5QGA> ab Minute 6:20



© istockphoto.com: AL-Travelpicture

Zukunft die IT für selbstfahrende Autos entwickelt – nur weil beides Bestandteil eines PKWs sein könnte?

Erfolgreiche Industrieregionen sind gut darin, Neues zu erfinden und in der Lage, aufbauend auf bestehenden Infrastrukturen und Kompetenzen die angebotenen Produkte zu optimieren. Aber viele Herausforderungen des 21. Jahrhunderts – und hierzu zählen an erster Stelle sowohl Klimaschutz als auch Digitalisierung – werden Industrieregionen

nur dann meistern können, wenn sie sich, zumindest in Teilen, neu erfinden. Dass das geht, zeigen Beispiele aus der Vergangenheit. Das größte Risiko dürfte aber darin bestehen, zu lange am Alten festzuhalten – wie Kohle auf Halde zu produzieren, in der Hoffnung, dass die Kohle zurückkommt. ■

Timon Wehnert ist Physiker und leitet das Büro Berlin des Wuppertal Instituts. Er forscht zu Strukturwandel und Innovation im Bereich Zukünftige Energie- und Industriesysteme.

# factory<sup>y</sup> ist das Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften

factory steht für industrielle Produktion und Fabrik, aber auch für den Faktor Y, um den sich der Ressourcenverbrauch ändern muss, damit nachfolgende Generationen gleiche Bedingungen vorfinden. Dieses Nachhaltigkeitsverständnis schließt ein, dass es um alle Aspekte Nachhaltigen Wirtschaftens geht, also neben Produktion und Dienstleistungen auch um die Seite des Konsums. factory will dazu beitragen, die Bedeutung der Unternehmen bei der Verwirklichung einer Nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft deutlich zu machen und Wirtschaftsakteure in die gesellschaftliche Debatte einzubinden. Es geht dabei um eine ressourceneffiziente Wirtschaftsweise und die Herausbildung nachhaltiger Produktions- und Konsummuster. factory erscheint kostenlos zweimal im Jahr als PDF-Magazin und im Netz unter [www.factory-magazin.de](http://www.factory-magazin.de)

factory – Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften  
ISSN 1860-6229,  
17. Jahrgang Ausgabe 2-2021

## Redaktion:

Inhaltlich Verantwortlicher gemäß § 10 Absatz 3 MDStV:  
Ralf Bindel  
Am Varenholt 123  
44797 Bochum  
Tel. 0234-9799513  
[rb@factory-magazin.de](mailto:rb@factory-magazin.de)

## Herausgeberinnen:

Effizienz-Agentur NRW  
Dr.-Hammacher-Straße 49, 47119 Duisburg  
Tel. 0203-37879-30  
[efa@efanrw.de](mailto:efa@efanrw.de)  
[www.efanrw.de](http://www.efanrw.de)

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal  
Tel. 0202-2492-0  
[info@wupperinst.org](mailto:info@wupperinst.org)  
[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

## Gestaltungsentwurf:

Oktober Kommunikationsdesign GmbH, Bochum  
[www.oktober.de](http://www.oktober.de)

## Umsetzung:

ubb Kommunikation, Bochum, [www.ubb-kommunikation.de](http://www.ubb-kommunikation.de)

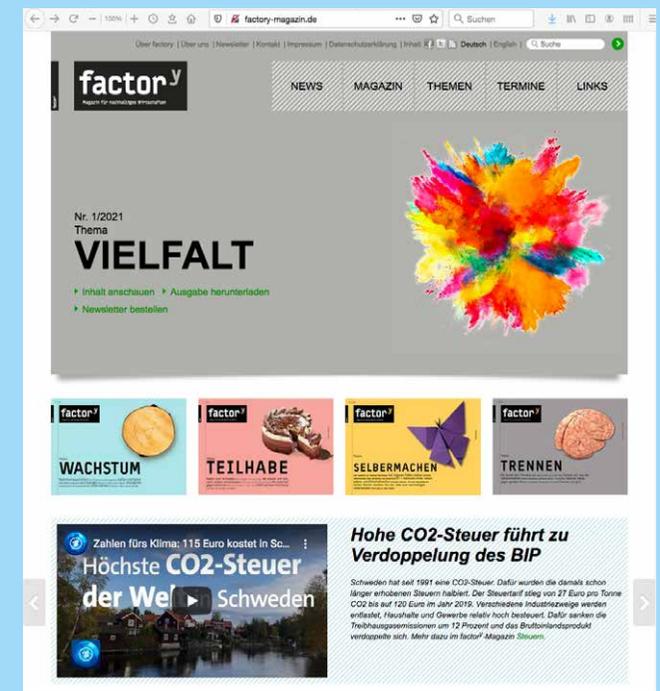
## Druck:

ENVIRO Value C, 130 g/m<sup>2</sup>, Bilderdruck aus 100 Prozent Recyclingpapier, Koffler Druckmanagement, Dortmund.

Die Beiträge in factory geben nicht zwingend die Meinung der Herausgeber wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Materialien ist die Redaktion dankbar, übernimmt aber keine Gewähr. Das Copyright liegt bei den jeweiligen Autoren beziehungsweise der Redaktion; Nachdruck oder Vervielfältigung (auch auszugsweise) erlaubt die Redaktion auf Anfrage und bei Nennung des Autors und Link auf [www.factory-magazin.de](http://www.factory-magazin.de).

## Mehr lesen und mehr Service im Netz

Abonnieren Sie unseren Newsletter, informieren Sie sich über aktuelle News und Termine, lesen Sie einzelne Beiträge und nutzen Sie weitere Service-Angebote. Folgen Sie uns bei Facebook und Twitter und verbreiten Sie factory und die Idee des Nachhaltigen Wirtschaftens weiter.



- ▶ [www.factory-magazin.de](http://www.factory-magazin.de)
- ▶ Abonnieren Sie unseren Newsletter