

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft



Circular Economy

INTERVIEW

Reinhard Schneider,
Werner & Mertz

RESSOURCEN

Elektromobilität als Testfall
für die Kreislaufwirtschaft

PRAXIS

Nachhaltigkeit bei
Daimler



**Umfassende Expertise
+ Ganzheitliche Lösungen
+ Integrierte Angebote**

= VEOLUTIONS
360°-Rundumsicht auf den Kundennutzen.

Für Veolia Deutschland ist Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit keine Entweder-oder-Frage. Wir bieten mit unseren 360°-Dienstleistungen gewinnbringende Lösungen für Industrie- und Gewerbebetriebe sowie Kommunen. Wir sind Ihr Partner mit dem Blick aufs Ganze.

Mehr erfahren Sie unter www.veolia.de

Ressourcen für die Welt

 **VEOLIA**



PROF. MARTIN FAULSTICH
Herausgeber

AUF DEM WEG ZUR NACHHALTIGEN INDUSTRIEGESELLSCHAFT

Liebe Leserinnen und Leser, vor Ihnen liegt das erste Heft der neuen Zeitschrift Nachhaltige Industrie. Industrie und nachhaltig? Da werden manche vielleicht etwas skeptisch schauen. Die Zukunft bestimmen doch Daten und Wissen, Kommunikation und Dienstleistungen. Das ist zweifellos richtig. Die Basis dafür ist jedoch die industrielle Produktion. Schauen Sie sich doch einmal um bei sich Zuhause, in Ihrer Stadt, in Ihrem Unternehmen: Wir sind umgeben von industriell gefertigten Produkten, und das wird nicht nur so bleiben, sondern sogar dynamisch wachsen.

Die Industriegesellschaft hat hierzulande über nahezu zwei Jahrhunderte zu dem heutigen Wohlstand geführt. Nachhaltig und damit zukunftsfähig ist diese Form des Wirtschaftens jedoch nicht. Denn Daten und Wissen mögen unbegrenzt sein, Energie und Ressourcen sind es nicht. Unsere derzeitige Industriegesellschaft geht noch immer sehr verschwenderisch und klimaschädigend mit fossilen Energieträgern und endlichen Rohstoffen um.

Mit dieser Zeitschrift möchten wir den notwendigen Wandel zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft konstruktiv begleiten und mitgestalten. Die Nachhaltige Industrie wird Beiträge aus

Wissenschaft und Praxis, Interviews, Debatten und jeweils einen Themenschwerpunkt enthalten. Wir starten mit dem topaktuellen Thema „Circular Economy“. Energie, Mobilität, Stadtquartiere, Infrastrukturen und viele weitere spannende Themen einer zukunftsfähigen Wirtschaft werden folgen.

Die Industrieländer, insbesondere auch Deutschland, werden ihre Spitzenplätze nur sichern können, wenn sie nachhaltige Technologien, Dienstleistungen und Lebensstile entwickeln und umsetzen. Das erfordert Neugier, Ambition und sicher auch Mut in allen Bereichen. Die Erfahrungen mit dem Strukturwandel an Rhein und Ruhr können hier durchaus genutzt werden.

Nun wünschen wir Ihnen eine inspirierende Lektüre und freuen uns auf Ihre Resonanz. Anregungen wie auch Kritik sind dabei stets willkommen. Bedanken möchte ich mich insbesondere bei den Autoren und Förderern dieser Erstausgabe.

*Ihr Martin Faulstich,
Herausgeber*

A handwritten signature in black ink that reads 'Martin Faulstich'. The signature is fluid and cursive, written in a professional style.

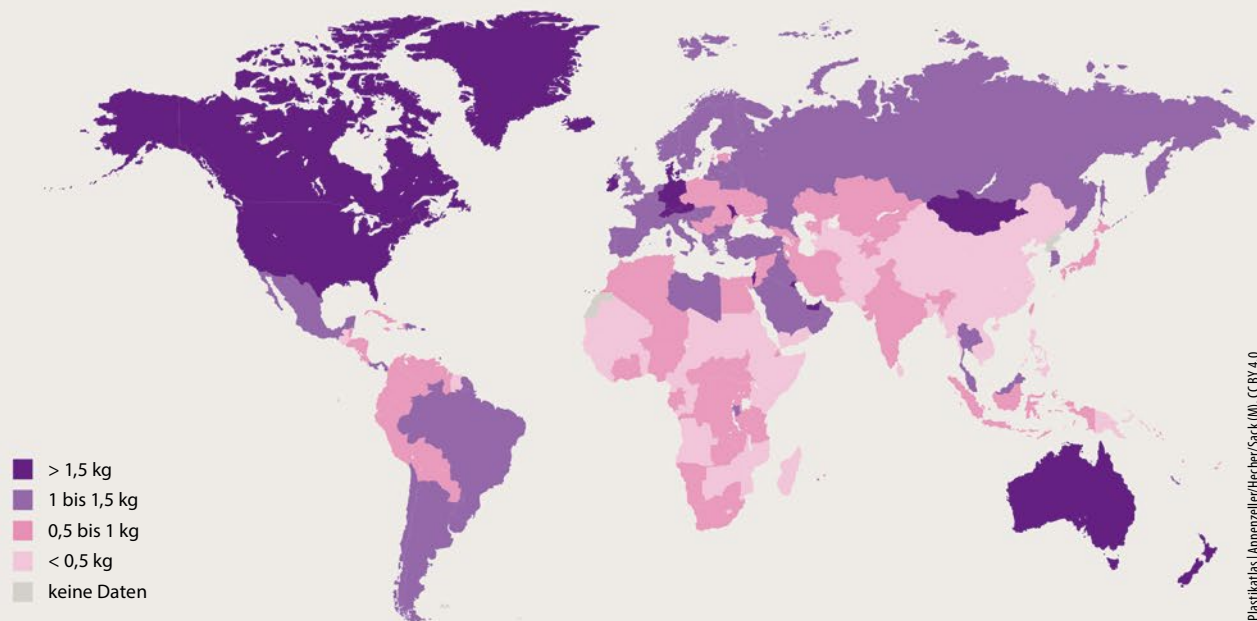
INHALT

EDITORIAL	3	PRAXIS	40
TITELTHEMA	6	Magnus Schulz / Manuel Michel / Andreas Hintennach (Daimler AG) NACHHALTIGKEIT BEI DAIMLER – MEHR ALS EINE TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNG	
Martin Faulstich (INZIN Institut) CIRCULAR ECONOMY – HERAUSFORDERUNGEN UND PERSPEKTIVEN		DREI FRAGEN AN: MARKUS SCHÄFER (Daimler AG)	47
INTERVIEW	16	VOR ORT	48
Reinhard Schneider (Werner & Mertz) WENN WIR DER UMWELT HELFEN WOLLEN, DÜRFEN WIR ÖKOLOGIE UND ÖKONOMIE NICHT GEGENEINANDER AUSSPIELEN		Fabian Hoberg REMONDIS – ZENTRUM DES INDUSTRIELLEN RECYCLINGS	
REGULIERUNG	22	ENTWICKLUNG	54
Helmut Maurer (Europäische Kommission) RAHMENGESETZGEBUNG FÜR EINE NACHHALTIGE PRODUKTPOLITIK		Philipp Soest / Edwin Büchter (cleanLASER) WERTSTOFFRÜCKGEWINNUNG DURCH LASERBASIERTE METALLSORTIERANLAGEN	
RESSOURCEN	32	STANDPUNKTE	60
Christian Hagelüken (Umicore) „BUSINESS AS UNUSUAL“, ELEKTROMOBILITÄT ALS TESTFALL FÜR DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT		EIN THEMA ... ZWEI STANDPUNKTE Oliver Möllenstädt (Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie) Laura Griestop (WWF)	
		IMPRESSUM	62

Die Zusammenhänge zwischen Wohlstand und Müll

Müllproduktion: pro Kopf und Tag, 2016.

22



Grafik: PlastikAtlas | Appenzeller/Hecher/Sack (W), CCBY 4.0
© PLASTIKATLAS 2019 / WELTBANK

► Rahmengesetzgebung für eine nachhaltige Produktpolitik

Wirtschaftswachstum beruht zu einem erheblichen Teil auf einer Durchsatzökonomie, die Überproduktion, sinkende Qualität und Lebensdauer von Produkten bei steigenden Abfallmengen in Gang gesetzt hat. Fest steht, dass in Deutschland und der gesamten EU dringender Handlungsbedarf besteht.



► Remondis – Zentrum des industriellen Recyclings

In den 1980er-Jahren war das Lippewerk in Lünen noch ein Aluminiumwerk. Heute produziert Remondis hier hochwertige Recyclingrohstoffe.



► Wertstoffrückgewinnung durch laserbasierte Metallsortieranlagen

Von der Automobil- und Luftfahrtindustrie bis hin zur Müllverbrennungsanlage – Metallschrott fällt in großen Mengen an. Millionen Tonnen an Metallresten können nicht recycelt werden. Laserbasierte Sortieranlagen ermöglichen die direkte Kreislaufführung von metallischen Wertstoffen mit hohen Durchsatzraten.

CIRCULAR ECONOMY – HERAUSFORDERUNGEN UND PERSPEKTIVEN

MARTIN FAULSTICH

Es hat über zwei Jahrzehnte gedauert, bis in Deutschland aus dem ersten Abfallbeseitigungsgesetz von 1972 das erste Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994 wurde. Dagegen hat der Begriff „Circular Economy“ erstaunlich schnell Karriere gemacht.

Weltbevölkerung und Bruttosozialprodukt wachsen unverändert, gleichermaßen nehmen der Gebrauch mineralischer und metallischer Ressourcen, der Verbrauch fossiler Energieträger und der Ausstoß von Treibhausgasemissionen sowie die Erderwärmung zu. Wir müssen schlicht feststellen, dass unsere bisherigen Anstrengungen, den Ressourcenbedarf vom Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln, noch nicht ausgereicht haben. Das ist nach den jahrzehntelangen Bemühungen eine durchaus ernüchternde Feststellung. [1]

Planetare Grenzen setzen dem Leben auf der Erde jedoch unverhandelbare absolute Grenzen. Eine besonders zu beachtende Grenze ist die Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für Treibhausgase. Die neue zivilisatorische Grenze ist also nicht mehr die Verfügbarkeit von Kohle, Öl und Gas, sondern wie viel Kohlendioxid aus deren Verbrennung noch in die Atmosphäre entlassen werden darf.

Endlichkeit der Ressourcen

Die Ressourcen auf der Erde sind endlich, das klingt wie eine Binsenweisheit. Dennoch wird bei metallischen und mineralischen Rohstoffen immer wieder mit langen Reichweiten argu-

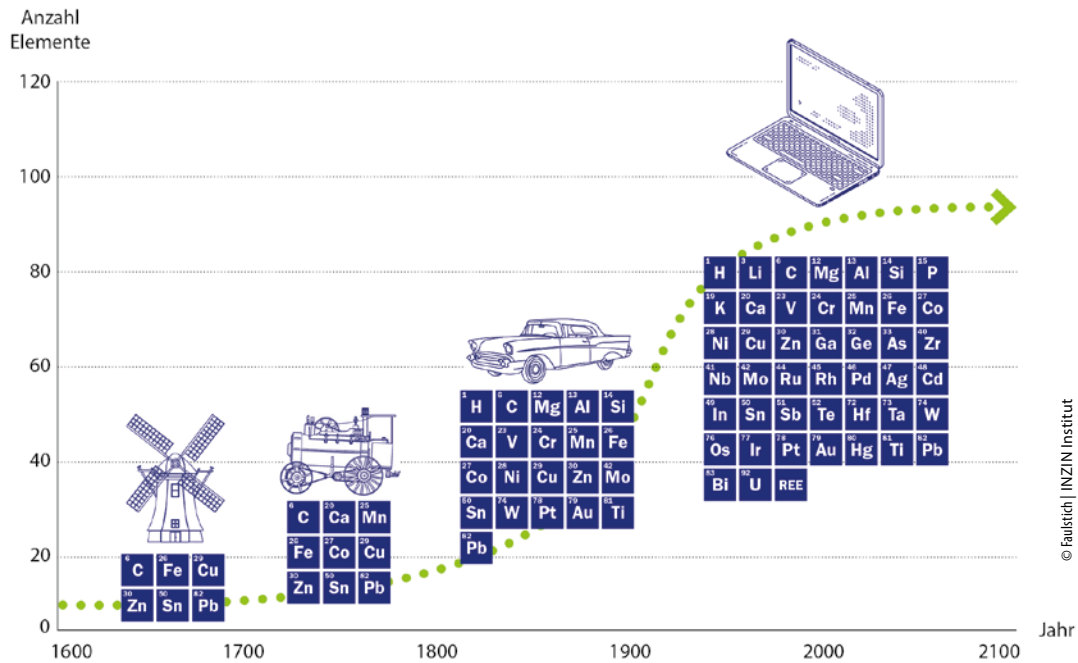
▶ INFO

CIRCULAR ECONOMY GLEICH KREISLAUF- WIRTSCHAFT?

Wörtlich genommen heißt Circular Economy eigentlich nichts anderes als Kreislaufwirtschaft. Kreislaufwirtschaft wird in der Regel jedoch eher eng verstanden und vielfach mit Recycling gleichgesetzt, daher wurde nach neuen Begriffen gesucht. So wird Circular Economy als zirkuläre Wertschöpfung oder zirkuläre Wirtschaft interpretiert. Die etwas sperrigen Begriffe sollen zeigen, dass damit die gesamte Wertschöpfungskette des Produkts abgedeckt wird – von der Konzeption über Planung, Produktion und Nutzung, Sammlung sowie Demontage und Recycling bis hin zur echten Substitution von Primärrohstoffen. Somit ist ein Wirtschaftssystem, das die erhaltende Nutzung der Ressourcen in der gesamten Wertschöpfungskette berücksichtigt, es ist weit mehr als die bisherige Kreislaufwirtschaft, nämlich eine ganzheitliche zirkuläre Wertschöpfung.

mentiert. In zivilisatorischen Maßstäben ist es jedoch unerheblich, ob manche Rohstoffe noch hundert Jahre abbaubar sind. Sie sind und bleiben endlich, auch weil metallische Rohstoffe nicht synthetisierbar sind.

► Abb. 1 / **Anstieg der gängigen Elemente des Periodensystems** in der Energienutzung. [2]



Zusätzlich zur Reichweite werden bei der Kritikalität von Rohstoffen die regionale und unternehmerische Konzentration sowie die Substituierbarkeit betrachtet. Rohstoffe sind ungleich auf der Welt verteilt, vor allem metallische sind in der Regel nicht in Europa konzentriert. Wären sie nicht in Lagerstätten gebündelt, sondern gleichmäßig in der Erdkruste verteilt, wären sie so gering konzentriert, dass wir sie nicht nutzen könnten. Rohstoffe werden, da sollten wir uns keine Illusionen machen, bei zunehmenden Knappheiten bis an die Grenzkosten abgebaut. Da bleibt nur zu wünschen, dass dies umweltverträglich geschieht.

Danach sind all diese Ressourcen in der Technosphäre und es gilt, diese sorgsam zu nutzen und in verlustarme technische Kreisläufe zu führen. Das ist sogar die große Chance für rohstoffarme Länder. Denn wenn die Primärrohstoffe eines Tages erschöpft sind, haben die Länder mit einer leistungsfähigen Circular Economy klare Vorteile auf den Weltmärkten.

Die Förderung und Veredelung von Primärrohstoffen geht in der Regel mit hohem Energieverbrauch und derzeit noch mit entsprechenden Treibhausgasemissionen einher, Recyclingrohstoffe sind da deutlich klimaschonender. Bei etlichen Elementen wird die Substitution Entlastung schaffen, insbesondere, wenn anorganische durch organische Ressourcen ersetzt werden, kann das eine dauerhafte Lösung sein.

Deutschland hat im kürzlich beschlossenen Klimaschutzgesetz festgelegt, dass es bis 2050 treibhausgasneutral werden will.

Vielfalt der Ressourcen

Der Rohstoffverbrauch ist seit Beginn der Industrialisierung exponentiell gestiegen und steigt weiter. Mittlerweile nutzt die Industrie alle technisch einsetzbaren Elemente des Periodensystems bis hin zu den Seltenen Erden (Abb. 1). Das sind rund 90 von 118 Elementen des Periodensystems; die weiteren Elemente sind in der Regel nicht technisch nutzbare, vielfach kurzlebige Radionuklide. [2]

Diese Elementvielfalt gilt es auch bei der Circular Economy zur berücksichtigen. Beim Recycling von Papier, Pappe, Glas, Kunststoffen und einigen Basismetallen kann die Branche zweifelsohne auf große Erfolge verweisen. Die Recyclingraten bei Eisen, Kupfer und Aluminium liegen weltweit über 50 %. Bei etlichen wirtschaftsstrategischen Elementen hingegen, zum

▶ INFO

PRIMÄR- UND SEKUNDÄRROHSTOFFE

In der Geologie bezeichnen sie die zeitliche Reihenfolge der Nutzung, erst die primären, dann die sekundären Rohstoffe. Sekundärrohstoffe werden absichtlich oder unbewusst als zweiklassig wahrgenommen, was natürlich nicht stimmt. Der Begriff Recyclingrohstoffe ist da besser geeignet. Langfristig wird es ohnehin nur noch Recyclingrohstoffe geben, dann gibt die bisherige Einteilung keinen Sinn mehr und das Abfallrecht wird ein Ressourcenrecht.

Beispiel Tantal, Indium oder Neodym, lässt sich nur noch eine Recyclingrate von unter 1 % feststellen (Abb. 2). [3]

Für die Zukunft der Industriegesellschaft ist es jedoch essenziell, dass sämtliche endliche Rohstoffe, also Hightech-Metalle und Seltene Erden sowie das nicht substituierbare Phosphor, hohe zweistellige Recyclingraten erfahren. Vielfach sind sogar entsprechende Recyclingtechniken vorhanden, jedoch fehlt es an weltweiten Sammel- und Aufbereitungssystemen.

Dissipation und Reboundeffekt

Steigender Rohstoffbedarf, große Elementvielfalt sowie niedrige Recyclingraten und zunehmende Klimaeffekte sind zweifellos globale Herausforderungen. Es gibt jedoch zwei weitere Herausforderungen, die ganz grundsätzlicher Natur sind: die Dissipation und der Reboundeffekt.

Dissipation ist der Effekt, wenn Stoffe verteilt in die Umwelt gelangen. Hier geht es jedoch nicht um eine etwaige Schadstoffproblematik, sondern darum, dass die dissipierten Rohstoffe, insbesondere Metalle, so dem Rohstoffkreislauf dauerhaft entzogen werden. Bekannte Beispiele sind Abrieb von Schienen, Korrosion von Infrastrukturen, Pigmente in Farben oder nicht abtrennbare Legierungselemente. [4]

In vielen Bereichen der Industriegesellschaft sind durch wissenschaftliche und ökonomische Leistungen beeindruckende Effizienzfortschritte zu verzeichnen. Zahlreiche dieser Fortschritte ermöglichen einen geringeren Energie- und Rohstoffverbrauch je Produkteinheit. Eine höhere Stückzahl führt in der Summe jedoch wieder zu Mehrverbrauch und dem sogenannten Reboundeffekt: weniger Heizwärmebedarf pro Quadratmeter, aber größere Wohnungen; sparsamere Motoren, aber größere

Aggregate und schwerere Fahrzeuge; weniger Gold pro Smartphone, aber steigende Stückzahlen. Diese Tatsachen führen in der Summe dazu, dass die Effizienzbemühungen überkompensiert werden und der absolute Ressourcenbedarf weiterhin steigt. Zu diesem direkten Reboundeffekt kommt noch der indirekte Reboundeffekt hinzu. Zahlreiche Produkte werden preiswerter, wodurch die eingesparten Einkommensanteile anderweitig ausgegeben werden, oftmals einhergehend mit steigendem Ressourcenbedarf. In unserer wachstumsgetriebenen Gesellschaft ist der Reboundeffekt systemimmanent und nur schwer zu überwinden. [5]

Erfolgsmaßstäbe für die Circular Economy

Herausforderungen gibt es im Feld der Ressourcen genug, nachfolgend sollen daher die Möglichkeiten der Circular Economy erörtert werden. Dabei wird deutlich, dass die Circular Economy etliche Leistungen der derzeitigen Abfallwirtschaft auch zukünftig benötigen wird, insbesondere die thermische Abfallbehandlung.

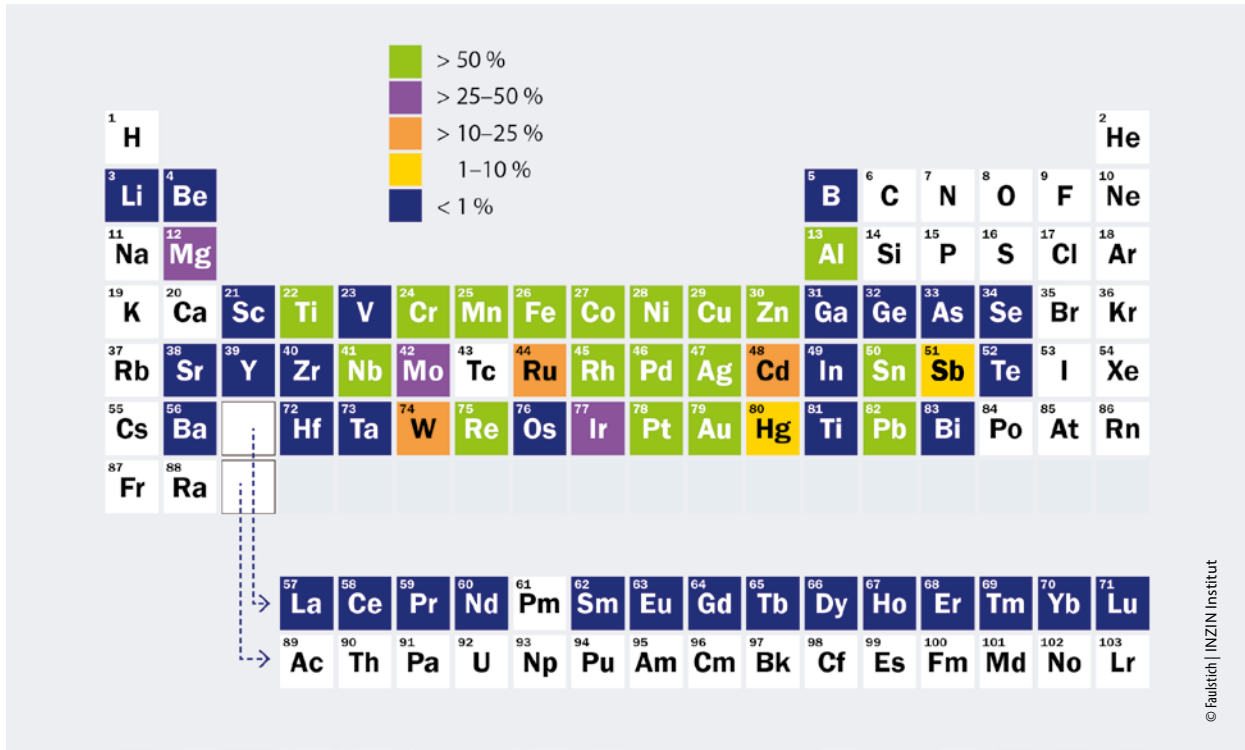
Die bisherige Abfallwirtschaft kann erst am Ende der Wertschöpfungskette ansetzen, wenn das Produkt schon zu Abfall geworden ist. Die Circular Economy hingegen setzt bereits am Beginn der Wertschöpfungskette an (Abb. 3).

▶ INFO

SUBSTITUTIONSQUOTE

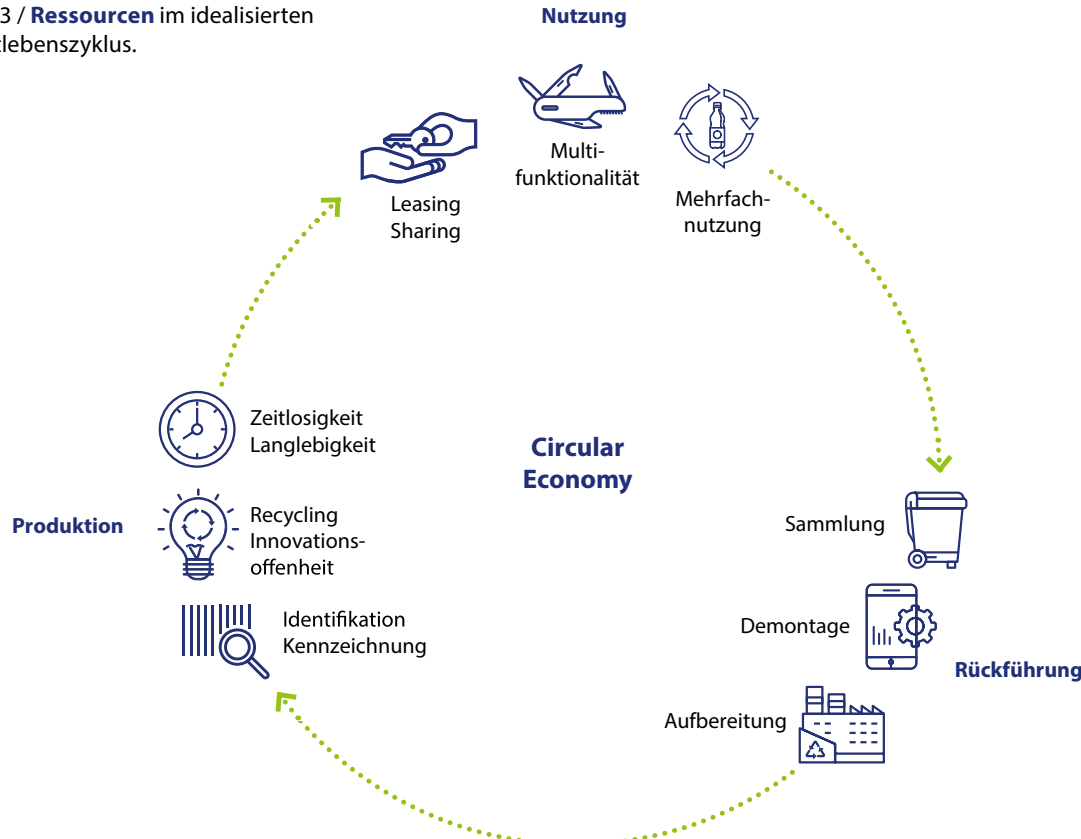
Die Ressourcenkommission des Umweltbundesamt empfiehlt daher, eine Substitutionsquote einzuführen, um einen realistischen Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft zu erhalten. Die Substitutionsquote gibt an, welche Mengen an Primärrohstoffen durch Recyclingrohstoffe ersetzt werden. Dabei sind noch einige methodische Probleme zu lösen, insbesondere auf welche in Verkehr gebrachte Menge sich die Rezyklate beziehen und wie das überprüft werden kann. Ein verpflichtender Rezyklatanteil in bestimmten Produkten und Materialien würde auf dem Markt verbindliche Anreize für hochwertige Rezyklate und die Investitionen in notwendigen Infrastrukturen schaffen. Letztlich müsste die Recyclingfähigkeit ein verpflichtendes Kriterium bei der Produktzulassung werden wie andere Eigenschaften auch. Hierzu zählen zum Beispiel Sicherheitsanforderungen im Rahmen des CE-Zeichens. [6]

► Abb. 2 / **Recyclingraten der Elemente**
des Periodensystems. [3]



© Faulstich | INZIN Institut

► Abb. 3 / **Ressourcen** im idealisierten
Produktlebenszyklus.



© Faulstich | INZIN Institut

Jede Tonne recyceltes Material kann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Jedes neue Produkt muss zunächst konzipiert, konstruiert und für die entsprechende Fertigung geplant werden. In dieser Phase werden Produkteigenschaften wie reparierbar, demontage- und recyclinggerecht, Rezyklateinsatz und innovationsoffen festgelegt. Dazu müssen beispielsweise Bauteilidentifikationen und Werkstoffkennzeichnungen vorgesehen werden. Diese Produkteigenschaften müssen im Konstruktionsprozess ebenso selbstverständlich werden wie Funktionalität oder Sicherheit. Warum hat sich dies bislang nicht durchgesetzt?

Es fehlen offenbar Bewertungskriterien, die eine steuernde Wirkung entfalten. Die derzeit gesetzlich definierten Recyclingquoten bemessen nur, welche Mengen in Recyclinganlagen gelangen oder neuerdings verwertet werden. Trotz vielfach hoher Recyclingquoten werden faktisch damit kaum Primärrohstoffe substituiert. In der EU werden lediglich 12 % der Primärrohstoffe durch Recyclingrohstoffe ersetzt. [6]

Konzepte für die Nutzungsphase

Nach der Produktkonzeption und -produktion folgt die Nutzungsphase, die, je nach Produkt, unterschiedlich lang sein kann – von wenigen Minuten für den Einwegtrinkbecher über einige Jahre für elektronische Geräte bis zu mehreren Jahrzehnten bei Gebäuden.

Die städtischen und industriellen Infrastrukturen bilden ein anthropogenes Lager, das langfristig eine substanzielle Rohstoffquelle ist (Urban Mining) [7]. Die Ressourceneffizienz wird dabei durch Technik, aber auch durch Nutzungsmodelle beeinflusst. Jedes Smartphone ist multifunktional und vereint Telefon, Kamera, Radio, Diktiergerät usw. Die Nutzungsdauer der eingesetzten Ressourcen lässt sich durch Reparatur und Aufarbeitung verlängern.

Sharing und Leasing können ebenfalls die Ressourceneffizienz fördern. Bei Bohrmaschinen, Kopierern usw. wollen wir eigentlich nur die Dienstleistung Bohren oder Kopieren und nicht das Gerät als solches. Nutzung statt Eigentum ist das Prinzip. Für den Hersteller lohnen sich dann auch robustere und teure Produkte.

Ideen für die Rückführung

Die letzte Phase des idealisierten Produktkreislaufs in der Circular Economy ist die Rückführung der Ressourcen in die erneute Produktion. Dazu bedarf es einer Sammlung, Demontage, Aufbereitung und Erzeugung der Rezyklate. Auch hier geht es nicht nur um Technik, sondern ebenso um ökonomische Nutzungsmodelle.

Viele Produkte könnten demontiert, aufbereitet und verwertet werden, wenn diese in den Sammelsystemen ankommen würden. Die Millionen alter Handys in den Schubladen sind ein vielzitiertes Beispiel. Ein Anreiz, Produkte in den Kreislauf zurückzuführen, könnten Pfandsysteme sein.

Beim Automobil spielen bekanntermaßen noch andere Aspekte eine Rolle, die über den reinen Nutzen hinausgehen. Üblicherweise haben die Fahrzeuge ein erstes Leben in Deutschland, dann ein zweites und drittes in Osteuropa, Afrika oder Asien. Das ist grundsätzlich sinnvoll, da das Automobil intensiv und lange genutzt wird, danach verliert sich jedoch vielfach die Spur der Fahrzeuge und damit auch der Rohstoffe. Eine langfristige Vision könnte hier sein, dass Automobile nicht mehr verkauft, sondern ausschließlich verleast werden. Damit würden die Hersteller Eigentümer der Fahrzeuge und damit auch Eigentümer der Rohstoffe bleiben.

Mit der Digitalisierung können wir zudem in der gesamten Wertschöpfungskette Werkstoffe und Informationen international vernetzen, von der Konstruktion über die Nutzung bis zur Demontage und zum Recycling. Dadurch wird die Circular Economy im umfassenden Sinne möglich. Die Digitalisierung wird die Logistik in der Ver- und Entsorgung eng verkoppeln und „on demand“ auch in die Abfallwirtschaft einziehen. Globale Wertschöpfungsketten in der Produktion erfordern letztlich auch globale Wertschöpfungsketten bei Reparatur und Recycling. Bislang werden viele Lösungen nur national oder bestenfalls europäisch gedacht.

Abfallvermeidung als Priorität

Deutschland hat in der Verwertung und Beseitigung von Siedlungsabfällen einen hohen Standard. Mit der Umsetzung der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) ab 2005 und der schrittweisen Stilllegung der Hausmülldeponien hat die Branche bereits sehr früh einen maßgeblichen Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

NACHHALTIGKEIT UND DESIGN

Seit 1929 haben sich das zeitlose Design und die langlebige Konstruktion des „Barcelona Chair“ von Mies van der Rohe nicht geändert. Er ist damit ein gelungenes Beispiel für nachhaltige Ressourcennutzung.



Aber eigentlich steht die Vermeidung in der Abfallhierarchie an erster Stelle. Hier waren große Erfolge bislang nicht zu verzeichnen. Denn in der Abfallwirtschaft sind die verwerteten Mengen zwar gestiegen und die beseitigten gesunken, aber die Gesamtmenge bleibt weitgehend konstant.

Die öffentliche Hand könnte hierbei eine klare Vorbildfunktion haben. Das öffentliche Beschaffungswesen sollte bei den Ausschreibungen klare Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigen.

Notwendigkeit der thermischen Abfallbehandlung

Die aufgezeigten Zukunftsperspektiven der Circular Economy sind sicher verlockend, aber wir müssen auch realistisch bleiben: Es wird keine „Zero Waste“-Gesellschaft geben. [8] Es wird immer unvermeidbare und nicht recycelbare Restabfälle geben und auch in den Recyclinganlagen bleiben nicht verwertbare Rückstände übrig. Daher sind noch einige Betrachtungen zur thermischen Abfallbehandlung, oder etwas gängiger Müllverbrennung, erforderlich.

Recycling ergibt nur Sinn, wenn die gesammelten Mengen auch hochwertig verwertet werden und in der Regel Primärrohstoffe substituieren. Bei den Stoffen, bei denen das nicht oder noch nicht möglich ist, ist die thermische Behandlung und die weitestgehend klimaneutrale Produktion von Strom, Wärme und vereinzelt schon Wasserstoff ökologisch durchaus gleichwertig. [9]

Circular Economy und thermische Abfallbehandlung sind also keine Gegensätze, sondern ergänzen sich ideal.

Energiewende und Circular Economy

Energiewende und Ressourcenwende werden die essenziellen Säulen der zukünftigen Industriegesellschaft sein. Die Energiewende hat einen erheblichen Einfluss auf die Circular Economy. Die Energieversorgung in Deutschland, also die Bereiche Strom, Wärme, Verkehr und Industrie, muss bis 2050 mit regenerativen Energieträgern weitestgehend decarbonisiert werden. Der Ausbau der regenerativen Stromerzeugung auf möglichst 100 % ist die eine Seite der Medaille, die andere Seite ist dann zwangsläufig der Ausstieg aus der Kohleverstromung und danach auch aus der Nutzung der fossilen Energieträger Öl und Gas.

Der Ausstieg aus der Kohleverstromung führt dazu, dass es keinen Gips mehr aus der Rauchgasreinigung gibt, also das

▶ INFO

BEISPIEL PHOSPHOR

Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag mit bemerkenswerter Deutlichkeit formuliert: „Wir werden die Klärschlammabbringung zu Düngezwecken beenden und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewinnen.“ Ein Großteil des anfallenden Klärschlammes wird also thermisch zu behandeln sein, wo dann der Phosphor aus der Asche zurückgewonnen werden kann. Langfristig wäre die Produktion vermutlich sogar konkurrenzfähig zur Herstellung von Primärphosphor, da deren Qualität immer schlechter wird. Phosphor wäre dann ein gelungenes Beispiel für Circular Economy, zumal Phosphor das einzige Element ist, das nicht substituiert werden kann. [10]

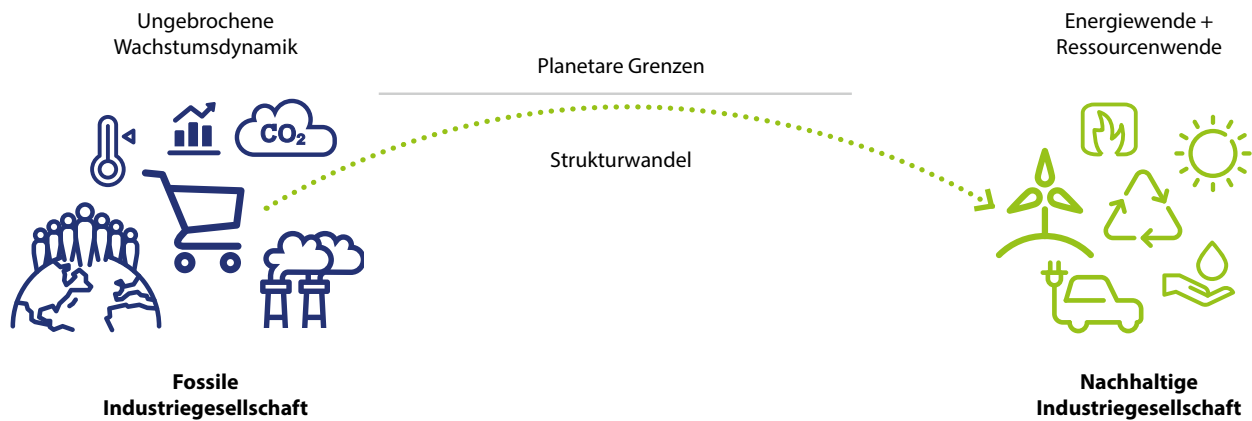
Gipsrecycling ausgebaut werden muss und oder sogar neue Naturgipslagerstätten exploriert werden müssen. Zudem werden die Verbrennungaschen bislang fast vollständig im Bauwesen verwertet. Diese Mengen müssen anschließend durch andere Sekundärrohstoffe oder sogar Primärrohstoffe substituiert werden. Ebenso wird es keine Mitverbrennung von Klärschlamm mehr geben, was die Klärschlamm-Monoverbrennung und Phosphorrückgewinnung erfordert. [11]

Mit dem Ende der energetischen Ölnutzung lassen sich die Erdölvorräte zumindest länger stofflich nutzen. Die erzeugten Kunststoffe werden aber früher oder später zu Abfall, der zum Teil thermisch verwertet wird und dabei auch Treibhausgase emittiert. Dann muss der fossil basierte Kunststoffanteil im Restabfall weiter reduziert oder das Kohlendioxid aus den Rauchgasen abgeschieden werden. Langfristig werden Kunststoffe jedoch auf Basis regenerativer Rohstoffe hergestellt, sodass es nicht mehr zu Knappheit und Klimaaeffekten kommen kann.

Durch die Energiewende wird es spätestens ab 2050 keine fossil befeuerten Großkraftwerke mehr geben, womit sich auch für Abfallverbrennungsanlagen neue Perspektiven ergeben. Die bislang über hundert dezentralen Abfallverbrennungsanlagen an etablierten Standorten in Deutschland können Systemdienstleistungen erbringen und somit einen Betrag zur Stabilität des Energiesystems leisten. Einige Anlagen wandeln ihren produzierten Strom bereits über Elektrolyseanlagen in Wasserstoff um und betreiben damit beispielsweise Kommunalfahrzeuge.

Die Energiewende hat nicht nur Einfluss auf die Circular Economy, sondern benötigt langfristig selbst die Circular Eco-

► Abb. 4 / **Strukturwandel** von der fossilen zur nachhaltigen Industriegesellschaft.



© Faulstich | INZIN Institut

nomy. Die neuen Infrastrukturen, also Millionen von Windkraft- und Solaranlagen, Konversion und Speicherung, Netze und Regelungstechnik, haben einen hohen Bedarf an strategischen Rohstoffen, der langfristig nur durch ein weitgehendes Recycling dieser Ressourcen zu decken ist.

Nachhaltige Industriegesellschaft

Die derzeitige Industriegesellschaft ist noch immer eine fossile Industriegesellschaft, und zwar im doppelten Sinne. Zum einen basiert die Energieversorgung in Deutschland und den meisten Industrieländern weiterhin auf fossilen Rohstoffen, zum anderen ist fossil das Sinnbild für Strukturen, die es zu überwinden gilt. Es ist eine Entkopplung von Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum einerseits und dem Verbrauch fossiler und metallischer Rohstoffe, Umwelt- und Klimabelastungen andererseits dringend erforderlich, um die planetaren Grenzen nicht dauerhaft zu überschreiten (Abb. 4).

Die nachhaltige Industriegesellschaft als Zielzustand im Jahr 2050 darzulegen, ist vergleichsweise einfach. 150 Jahre Industriegesellschaft in den kommenden 35 Jahren zu transformieren, ist jedoch ein außerordentlich ambitioniertes Programm. Die Herausforderung ist, den Strukturwandel und die

Übergänge zu gestalten. Dabei wird es Gewinner und Verlierer geben. Der Erfolg wird davon abhängen, überzeugende Konzepte für diejenigen aufzuzeigen und umzusetzen, die davon betroffen sind, beispielsweise vom Kohleausstieg. Der Strukturwandel lässt sich aber ohnehin nicht aufhalten, es ist also besser, diesen aktiv zu gestalten. [12]

Abfälle und Altprodukte fallen dort an, wo Menschen leben. So können und werden stoffliches Recycling, thermische Abfallbehandlung inklusive Wärmenutzung, Remanufacturing und Demontage wieder verstärkt in Städten stattfinden. Die 3-D-Fertigung eröffnet zudem neue Dimensionen in der Kleinserienproduktion sowie der Ersatzteilmontage und -beschaffung vor Ort. Alle diese Elemente ergeben zusammen eine erfolgreiche Circular Economy und Re-Industrialisierung.

Bislang ist die produzierende Industriegesellschaft das stabilste Wirtschaftssystem, das wir kennen. Länder, die einen hohen Anteil an Bruttowertschöpfung durch industrielle Produktion beibehalten haben.

Dennoch ist auch ein erfolgreiches Wirtschaftsmodell immer wieder zu hinterfragen und weiterzuentwickeln. Es wird auch immer wieder die Wachstumsdebatte geführt. Es stellt sich die Frage, ob wir nicht längst die „säkulare Stagnation“ erreicht haben. Zukünftige Wachstumsraten der klassischen Industrie-

länder bewegen sich trotz aller Bemühungen von Regierungen und Zentralbanken bestenfalls zwischen 1 und 2 %. [13] Eine Fokussierung auf Wirtschaftswachstum scheint aber ebenso einseitig wie eine Fokussierung auf Postwachstum. Letztlich gilt es zu definieren: Was soll wachsen, was soll schrumpfen? [14] Die Transformationen der Industriegesellschaft umfassen technischen, gesellschaftlichen und institutionellen Wandel und zielen auf grundlegende, systemische Innovationen über längere Zeiträume. [15]

Der Wandel von der fossilen zur nachhaltigen Industriegesellschaft bietet aber auch erhebliche industriepolitische Chancen für unsere exportorientierte Wirtschaft. Denn die Technologien und Infrastrukturen, Dienstleistungen und Lebensstile, die wir hier entwickeln, erproben und nutzen, werden langfristig in aller Welt gebraucht. ↗

Literaturhinweise

- [1] Faulstich, M.: Wege zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft. In: Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Übergang in eine Green Economy: Systemische Hemmnisse und praktische Lösungsansätze. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 02/2017. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2017, S. 103-114
- [2] Zepf, V.; Reller, A.; Rennie, C.; Simmons, J.; Ashfield, M.: Materials critical to the energy industry. An introduction. 2nd Edition. BP, London 2014
- [3] International Resource Panel: Recycling Rates of Metals. A Status Report. United Nations Environment Programme. UNEP, Paris 2011
- [4] Fiesinger, F.; Seelig, J.; Faulstich, M.: Dissipative Structure/Streams. In: CEC4Europe (Hrsg.): Factbook, Wien 2018 (Online). https://www.cec4europe.eu/wp-content/uploads/2018/11/Chapter-2.5.1_Dissipative-structure-streams_Fiesinger_Seelig_Faulstich.pdf.
- [5] Seelig, J.; Stein, T.; Zeller, T.; Faulstich, M.: Möglichkeiten und Grenzen des Recycling. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 8. TK Verlag, Neuruppin 2015, S. 56-69
- [6] Ressourcenkommission am Umweltbundesamt: Substitutionsquote. Ein realistischer Maßstab für die Kreislaufwirtschaft. Positionspapier. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2019
- [7] Hülter, K.; Faulstich, M. et al.: Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn. Welchen Beitrag können die Kommunen leisten? Müll und Abfall 51. Jg. (2019) Nr. 7, S. 324-330
- [8] Quicker, P.: Zero Waste. In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Quicker, P.; Gosten, A. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 15. TK Verlag, Neuruppin 2018, S. 4-15
- [9] Faulstich, M.; Söhndel, B.: Klimarelevanz der Restmüllverbrennung. Energieanwendung Jg. 44 (1995) Nr. 4, S. 12-17

- [10] Kabbe, C.: Von der P-Rückgewinnung zum tatsächlichen Recycling – Sekundärer Rohstoff, Intermediat oder fertiges Produkt? Wasser und Abfall 21 Jg. (2019) Nr. 11, S. 26-30
- [11] Faulstich, M.: Klärschlamm im Wandel der Zeiten. Wasser und Abfall 21 Jg. (2019) Nr. 11, S. 3
- [12] SRU Sachverständigenrat für Umweltfragen: Verantwortung in einer begrenzten Welt. Umweltgutachten 2012. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2012
- [13] Klingholz, R.; Slupina, M.: Was tun, wenn das Wachstum schwindet? Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung, Berlin 2017
- [14] Hager, F.; Schenkel, W.: (Hrsg.): Schrumpfungen. Chancen für ein anderes Wachstum. Springer Verlag, Berlin 2000
- [15] SRU Sachverständigenrat für Umweltfragen: Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Umweltgutachten 2016. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2016



PROF. DR. MARTIN FAULSTICH

ist seit 2013 Inhaber des Lehrstuhls für Umwelt- und Energietechnik an der Technischen Universität Clausthal und seit 2018 zugleich Direktor des INZIN Instituts für die Zukunft der Industriegesellschaft in Düsseldorf. Faulstich war seit 2006 Mitglied und von 2008 bis 2016 Vorsitzender des Sachverständigenrats für Umweltfragen der Bundesregierung in Berlin und ist derzeit Co-Vorsitzender der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt.



Messe München

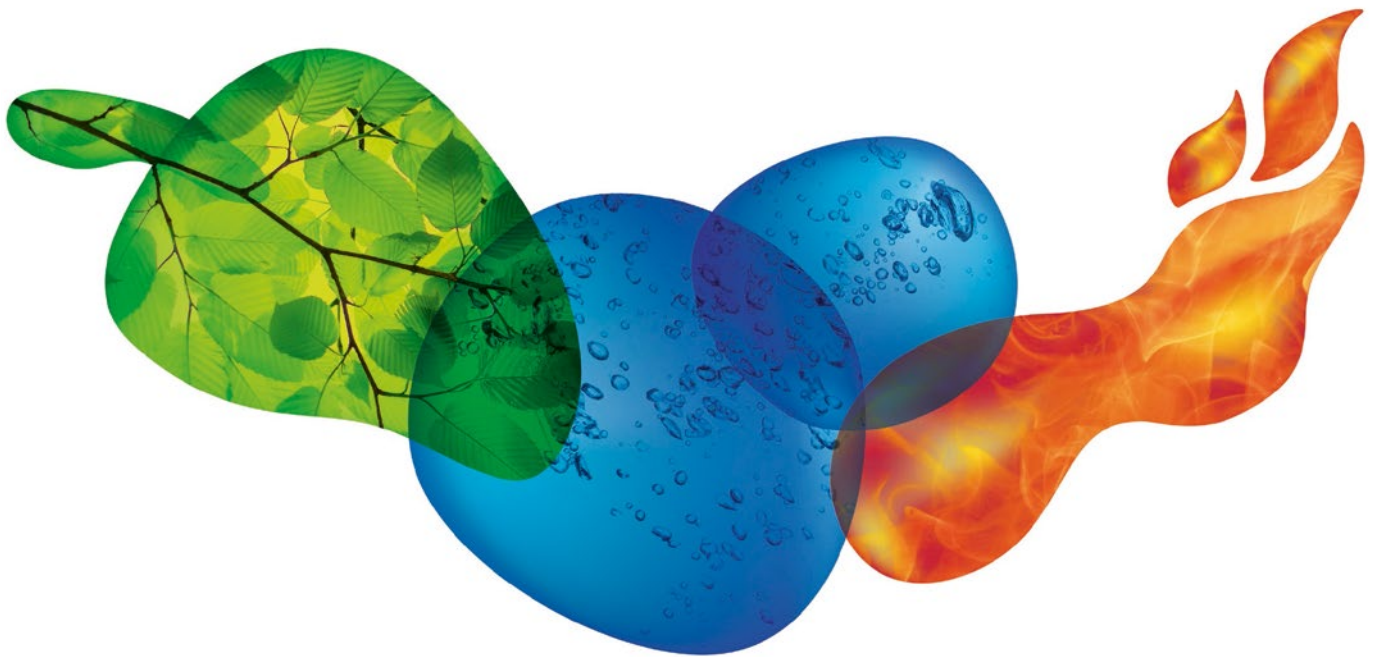
Connecting Global Competence

Umwelttechnologien für die Zukunft.

30. Mai–3. Juni 2022 • Messe München

Lösungen für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft.

Vielseitige Innovationen für den nachhaltigen Umgang mit Wasser, wertvolles Recycling und effiziente Rohstoffkreisläufe sind die entscheidenden Faktoren für eine nachhaltige Zukunft. Die weltgrößte Plattform verbindet internationale Branchenführer und präsentiert wegweisende Innovationen.



Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-,
Abfall- und Rohstoffwirtschaft



„WENN WIR DER UMWELT HELFEN WOLLEN, DÜRFEN WIR ÖKOLOGIE UND ÖKONOMIE NICHT GEGENEINANDER AUSSPIELEN“

Für Reinhard Schneider bedeutet Ganzheitlichkeit, dass die grundsätzlichen Werte eines Unternehmens bei allen Entscheidungen im Vordergrund stehen und nicht das Erreichen kurzfristiger kaufmännischer Ziele. Nachhaltige Industrie sprach mit dem Geschäftsführer von Werner & Mertz darüber, wie Circular Economy gelingt.

Herr Schneider, Mitte der 80er-Jahre haben Sie mit Frosch eine Marke für ökologische Reiniger etabliert. Das war zu einer Zeit, als Umweltschutz bei Haushaltswaren noch kein großes Thema war. Wie ist es Ihnen dennoch gelungen, einen Massenmarkt zu erreichen?

Als wir damals die ersten umweltschonenden Reiniger auf den Markt brachten, hatten Öko-Produkte im Allgemeinen noch einen ziemlich schlechten Ruf. Doch unsere Reiniger kamen den typischen Gewohnheiten der Verbraucher entgegen: sie rochen gut, waren angenehm zu nutzen und ansprechend verpackt. Das verstaubte Öko-Image war damit vom Tisch. Trotzdem haben wir zunächst nur eine kleine Nische von Kunden erreicht. Für den Massenmarkt mussten wir dafür sorgen, dass unsere Produkte genauso gut funktionieren wie die traditionellen chemischen Reiniger, obwohl sie auf pflanzlicher Basis hergestellt werden. In den vergangenen 30 Jahren haben wir bewiesen, dass unser Produktsortiment absolut funktioniert. Heute haben wir beispielsweise Glasreiniger, die in Produktvergleichen mit „sehr gut“ abschneiden, in denen ausschließlich die Reinigungsleistung verglichen wird. Die ökologischen Benefits kommen quasi on top dazu. Es gibt also keinen einzigen rationalen Grund mehr, sich gegen ein Öko-Produkt zu entscheiden.

► ZUR PERSON

REINHARD SCHNEIDER,

ein Nachfahre der Firmengründer, übernahm im Jahr 2000 den Vorsitz der Geschäftsführung von Werner & Mertz und ist heute geschäftsführender Gesellschafter sowie Inhaber des Unternehmens. Insbesondere die Marken Frosch und Erdal des Herstellers sind als umweltfreundliche Wasch-, Reinigungs- und Pflegeprodukte bekannt. Bereits 2009 erhielt Werner & Mertz den Deutschen Nachhaltigkeitspreis in der Kategorie „Deutschlands nachhaltigste Marken“. Im vergangenen Jahr wurde Schneider mit dem Deutschen Umweltpreis ausgezeichnet. Bundespräsident Dr. Frank-Walter Steinmeier erklärte, der Preisträger Schneider habe schon als verantwortungsvoller Unternehmer gehandelt, bevor viele andere erst tätig geworden seien. Er zeigte in wahrer Pionierleistung, dass umweltbewusstes und unternehmerisches Handeln kein Widerspruch seien. Produkte und Produktion habe er „voll auf Nachhaltigkeit getrimmt“.



„Wir entwickeln all unsere Produkte nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip. Bei Werner & Mertz recyceln wir Kunststoffe so hochwertig, dass man sogar Kosmetik darin verpacken kann.“

Im Oktober 2019 hat Ihnen Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier den Deutschen Umweltpreis überreicht. Mit der Verleihung wurde Ihre „unternehmerische Rundum-Nachhaltigkeitsstrategie“ gewürdigt. Was ist damit gemeint?

Uns geht es um massentaugliche Nachhaltigkeit ohne faule Kompromisse. Nur etwa 5 % der Menschen kaufen nachhaltige Reinigungsmittel in einem Biomarkt. Wie es mit dem Planeten und dem Erhalt der natürlichen Ressourcen weitergeht, entscheiden aber die restlichen 95 %, die in ganz normalen Supermärkten einkaufen. Durch unsere Produkte helfen wir diesen Menschen dabei, ökologisch das Richtige zu tun, ohne ihre Verzichtsbereitschaft überzustrapazieren. Menschen zu radikalem Verzicht anzuhalten ist keine kluge Strategie, weil es für sie bedeuten würde, von ihrem Lebensstandard abzuweichen. Wenn wir der Umwelt helfen wollen, dürfen wir Ökologie und Ökonomie nicht gegeneinander ausspielen. Deshalb wollen wir zeigen, dass man als Industrieunternehmen auch ökologisch sein kann.

Mit welchen Mitteln können Unternehmen den Spagat zwischen Ökologie und Ökonomie schaffen?

Ein wesentlicher Schlüssel ist die Kreislaufwirtschaft. Wir müssen es schaffen, Ressourcen im Kreislauf zu halten, ohne dass Abfall entsteht oder Energie verschwendet wird. Deshalb entwickeln wir all unsere Produkte nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip. Das bedeutet, dass die Inhaltsstoffe unserer Reiniger so umweltfreundlich sind, dass sie nach der Nutzung in biologische Kreisläufe eingehen können. Flaschen und Verpackungen wiederum stellen wir aus hochwertigem Altplastik her und gestalten sie zugleich recyclingfreundlich. So bleiben sie in einem technischen Kreislauf, weil man aus ihnen immer wieder neue Flaschen und Verpackungen herstellen kann.

Plastikrecycling ist für Werner & Mertz schon seit einigen Jahren ein wichtiges Anliegen. Was sind die entscheidenden Faktoren für einen funktionierenden Plastikkreislauf?

Schon beim Design der Verpackung muss die Qualität des Kunststoffes gewahrt bleiben. Die Verpackungen sollten aus Monomaterial bestehen, denn nur diese können gut recycelt werden. Können beim Recycling verschiedene Plastiksarten nicht getrennt werden und bleiben vermischt, entsteht minderwertiges Material. Bei Werner & Mertz recyceln wir Kunststoffe aus dem Gelben Sack mittlerweile so hochwertig, dass man sogar Kosmetik darin verpacken darf. Im nächsten Schritt wollen wir das auch für Lebensmittel ermöglichen. Trinkwasser dürfte in unseren recycelten PET-Flaschen bereits verkauft werden, allerdings bislang nur nach den FDA-Richtlinien in den USA. Wichtig ist auch, dass möglichst wenig Material beim Recyclingprozess verloren geht. Das stellen wir durch unser hochmodernes mechanisches Recyclingverfahren sicher. Andere zerlegen Altplastik durch Pyrolyse in seine chemischen Bestandteile und nennen das Recycling. Die Wahrheit ist aber, dass Pyrolyse bei einem unfassbar hohen Energieverbrauch zu gewaltigem Materialverlust führt und deshalb gar nicht in Erwägung gezogen werden sollte. Bei unserem Upcycling-Ansatz erkennt der Verbraucher keinen Unterschied zwischen einer recycelten Verpackung und einer neuen aus Erdöl. Dennoch sparen wir allein bei der Herstellung 60 % Energie gegenüber der Neuproduktion, von den vielen anderen Vorteilen für die Umwelt ganz zu schweigen.

Was sind die wichtigsten Faktoren bei dem Ziel, ökologisch sinnvolle Produkte einer breiten Käuferschicht nahe zu bringen?

Es ist absolut elementar, das Vertrauen der Konsumenten zu gewinnen. Die Menschen müssen vertrauen, dass ein leistungsstarkes ökologisches Produkt tatsächlich umweltfreundlicher ist als ein konventionelles. Die Reinigungsleistung kann jeder mühelos überprüfen, aber ob ein Produkt wirklich gut für die Umwelt ist, muss man dem Unternehmen einfach glauben. Hier zählt das Vertrauen in Marken und Hersteller, und das lässt sich nicht einfach mit Werbebehauptungen herstellen. Heute sind die Konsumenten kritischer als früher und haben ein feines Gespür für Greenwashing.

Ihr Unternehmen spricht von ganzheitlicher Nachhaltigkeit. Was bedeutet „ganzheitlich“ in diesem Zusammenhang?

Ganzheitlichkeit bedeutet, dass bei allen Entscheidungen die grundsätzliche Haltung des Unternehmens im Vordergrund steht und nicht das Erreichen kurzfristiger Ziele, etwa die kurzfristige Steigerung der Verkaufszahlen. Denn nur Unternehmen, die in diesem Sinne ganzheitlich agieren, gewinnen das Vertrauen



► „Uns geht es um **massentaugliche Nachhaltigkeit** ohne faule Kompromisse.“



► „Die Verpackungen sollten aus **Monomaterial** bestehen, denn nur diese können **gut recycelt** werden.“



► „Bei Werner & Mertz **recyceln wir Kunststoffe** aus dem Gelben Sack mittlerweile so **hochwertig**, dass man sogar Kosmetik darin verpacken darf.“

der Konsumenten. Nachhaltigkeit nur punktuell zu betreiben, zum Beispiel indem man eine umweltschonende Limited Edition eines Produktes einführt, ist nichts anderes als Greenwashing. Spätestens da merken sie, dass der Hersteller nicht ganzheitlich auf Umweltschutz, sondern ausschließlich auf Profitmaximierung ausgerichtet ist.

Wie stellen Sie sicher, dass Nachhaltigkeit immer in allen Unternehmensbereichen Priorität hat?

Wir haben fünf Säulen für eine ganzheitliche Ausrichtung. Den Anfang machen die Inhaltsstoffe unserer Reinigungsmittel, die auf pflanzlicher Basis hergestellt werden. Wir nutzen überwiegend europäische Ölpflanzen und kommen ohne erdölbasierte und tierische Tenside aus. Bei der zweiten Säule geht es um das Wasser für unsere Reinigungs- und Waschmittel. Wir entkeimen es umweltschonend in einer Umkehrosmoseanlage. Das gereinigte Wasser und Flaschen, die in unserer Produktion vor Ort heiß aufgeblasen und direkt befüllt werden, erlauben es uns, ein Minimum an Konservierungsstoffen zu verwenden. Trotzdem sind unsere Produkte regalstabil. Säule Nummer drei betrifft die Verpackung, die ebenso ökologisch sein muss wie der Inhalt. Deshalb nutzen wir hochwertig recycelte Kunststoffverpackungen und sind darin Weltmeister: Über 350 Mio. Flaschen aus 100 % Recyclat aus haushaltsnahen Sammlungen haben wir bereits in den Markt gebracht.

Säule vier gilt unserem Herstellungsprozess. Wir produzieren in energieeffizienten Anlagen mit Strom aus nachhaltigen Quellen. Das Prozesswasser entnehmen wir dem Rhein und führen es anschließend gereinigt zurück. In der Regel ist es sauberer als vorher. In Säule fünf geht es um die Sensibilisierung der

„Die Menschen müssen vertrauen, dass ein leistungsstarkes ökologisches Produkt tatsächlich umweltfreundlicher ist als ein konventionelles.“

Mitarbeiter. Wir ermutigen sie, Ideen für die Optimierung unserer Prozesse einzubringen, und halten sie dazu an, ihr eigenes ökologisches Verhalten zu hinterfragen. Zu diesem Zweck ermöglichen wir Jobtickets, Dienstfahrräder oder E-Mobilität.

Seit 2003 lässt Werner & Mertz seine Herstellungsprozesse freiwillig nach EMAS, der strengsten europäischen Umwelt-richtlinie, validieren. Welchen Aufwand bedeutet das für das Unternehmen?

EMAS ist eine Art jährliche Betriebsprüfung für Unternehmen, die ihr Umweltmanagementsystem permanent verbessern wollen. Die erste Zertifizierung ist in der Regel noch gut zu meistern. Allerdings lässt man sich darauf ein, dass die Anforderungen von Jahr zu Jahr steigen. Es gibt kein finales Level, das man einmal erreichen und dann nur noch halten muss. Für jedes Jahr müssen Fortschritte dokumentiert werden. Will man das Zertifikat lange behalten, muss man beim Thema Ressourceneffizienz zwangsläufig sehr gut werden. Macht man das lange genug, geht ökologisches Denken in Fleisch und Blut über. Nehmen wir unser Hauptgebäude: Es erzeugt 20 % mehr Energie aus erneuerbaren

„Wir sind Weltmarktführer bei ökologischen Reinigern und wissen, dass es unterschiedliche Reifegrade im Ökologiebewusstsein gibt.“



► „Mit Marken wie Erdal, Frosch und green care Professional ist Werner & Mertz als **innovatives Unternehmen** auf dem europäischen Markt bestens etabliert.“

Quellen als es verbraucht. Wie so oft kommt es auch bei EMAS auf die Haltung an: Hat das Unternehmen die Prinzipien des nachhaltigen Wirtschaftens verinnerlicht, lassen sich auch die strengen Optimierungsrichtlinien einhalten. Nutzt man Umweltschutz hingegen nur als Feigenblatt, kann EMAS zur Belastung werden.

Nachhaltigkeit wird nicht in jedem Land gleich definiert. Wie gehen Sie mit dem unterschiedlichen Verständnis um?

Wir sind Weltmarktführer bei ökologischen Reinigern und wissen, dass es unterschiedliche Reifegrade im Ökologiebewusstsein gibt. Skandinavien ist uns in diesem Bereich beispielsweise voraus. In Frankreich ist ökologisches Denken gerade topaktuell und beschert uns ein Wachstum von 30 %. In Spanien und Polen hingegen ist das Thema Nachhaltigkeit gerade erst ganz groß im Kommen. Dann gibt es Länder wie die USA, die unter Nachhaltigkeit etwas anderes verstehen als wir. Und es gibt Länder wie Japan, die das Thema jetzt erst entdecken.

Wie gehen Sie bei der Produktentwicklung vor? Forschen Sie selbst?

Aktuell leisten wir uns wieder mehr eigene Forschung. In der Vergangenheit haben wir aber auch gute Erfahrungen mit Einrichtungen wie dem Fraunhofer-Institut gemacht, in denen Grundlagenforschung betrieben wird. Die Institute wissen, dass sie von einem Mittelständler wie uns viel schneller ein Feedback zur Marktfähigkeit ihrer Entwicklungen bekommen als von einem Großkonzern.

Wir wollen in Sachen Nachhaltigkeit unseren Vorsprung weiter ausbauen. Wir haben zum Beispiel den weltweit ersten

Standbeutel zum Beispiel für Flüssigwaschmittel aus einem Monomaterial entwickelt. Die Herausforderung hier war auch das Bedrucken des Beutels. Wir haben eine abtrennbare Dekorationsschicht um den Beutel herum, die aus bedruckbarem, dünnem Kunststoff besteht. Der Konsument kann, aber muss nicht diese Folie vor der Entsorgung in den Gelben Sack abziehen, da in den Recyclinganlagen die Trennung automatisch erfolgt. Da der gesamte Beutel inklusive Kappe und darunter liegendem Gewinde aus Monomaterial (LDPE) besteht, kann er zu 100 % recycelt werden, und spart circa 70 % Plastik im Vergleich zu einer herkömmlichen Flasche gleichen Füllvolumens. Allein an dieser Entwicklung haben wir fünf Jahre gearbeitet. Den patentierten Beutel haben wir zusammen mit dem globalen Verpackungskonzern Mondi entwickelt.

Wie teuer ist es für ein Unternehmen, konsequent eine nachhaltige Strategie zu verfolgen?

Wenn man schnell Geld verdienen will, wird man das nur schwer auf einem nachhaltigen und moralisch vertretbaren Weg erreichen. Anfangs ist eine nachhaltige Ausrichtung teurer als Greenwashing-Konzepte, die der Umwelt nicht wirklich helfen. Langfristig zahlt sich Nachhaltigkeit aber auch ökonomisch aus. Sobald das Vertrauen der Kunden wächst, nehmen auch die Marktanteile zu. Das macht die anfänglich geringere Umsatzrendite recht bald wett. Heut verzeichnen wir in eigentlich gesättigten Märkten ein Wachstum von 25 %. ↗

Wir danken für das Gespräch.

RAHMENGESETZGEBUNG FÜR EINE NACHHALTIGE PRODUKTPOLITIK

HELMUT MAURER

Wirtschaftswachstum beruht zu einem erheblichen Teil auf einer Durchsatzökonomie, die Überproduktion, sinkende Qualität und Lebensdauer von Produkten bei steigenden Abfallmengen in Gang gesetzt hat. In Deutschland und der gesamten EU besteht dringender Handlungsbedarf.

Es wird bis heute weitgehend versucht, Kreislaufwirtschaft auf der Ebene der Abfallpolitik zu organisieren. Hierbei wurden Systemgrenzen erreicht. Sie können nur durch eine nachhaltige und verbindliche Produktpolitik überwunden werden. Dazu ist die Kreislauffähigkeit von Produkten gezielt zu fördern, Entropie auf ein Minimum zu reduzieren und so effektiv Abfallvermeidung zu leisten.

Denn alleine Herstellung, Verteilung und der Gebrauch von Konsumartikeln als „sonstiger Konsum“ sind nach Auffassung des UBA in Deutschland für 39,3 % und damit 4,56 t CO₂e-Emission pro Kopf verantwortlich (Abb. 1). Die Gesamtemissionen pro Kopf liegen bei 10,6 t. Um die Pariser Klimaziele erreichen zu können, müssten diese unter 1 t CO₂e sinken. [1] 11.000 Klimawissenschaftler warnten im November 2019 in einem dramatischen Aufruf vor einem akuten Klimanotstand, da die in Paris 2015 gemachten Zusagen über die Einsparung von CO₂ weitgehend nicht eingehalten werden. [2]

Weltweit führen exponentielles Bevölkerungswachstums und eine neue stark konsumierende Mittelschicht in China, Indien und Afrika zu konstant langfristig steigender Nachfrage nach Produkten. Der Rohstoffverbrauch wird daher nach UN-Angaben von 91 Mrd. t 2017 auf 167 Mrd. t bis 2060 ansteigen, [3] und parallel dazu steigen die CO₂e-Emissionen und Abfallmengen.

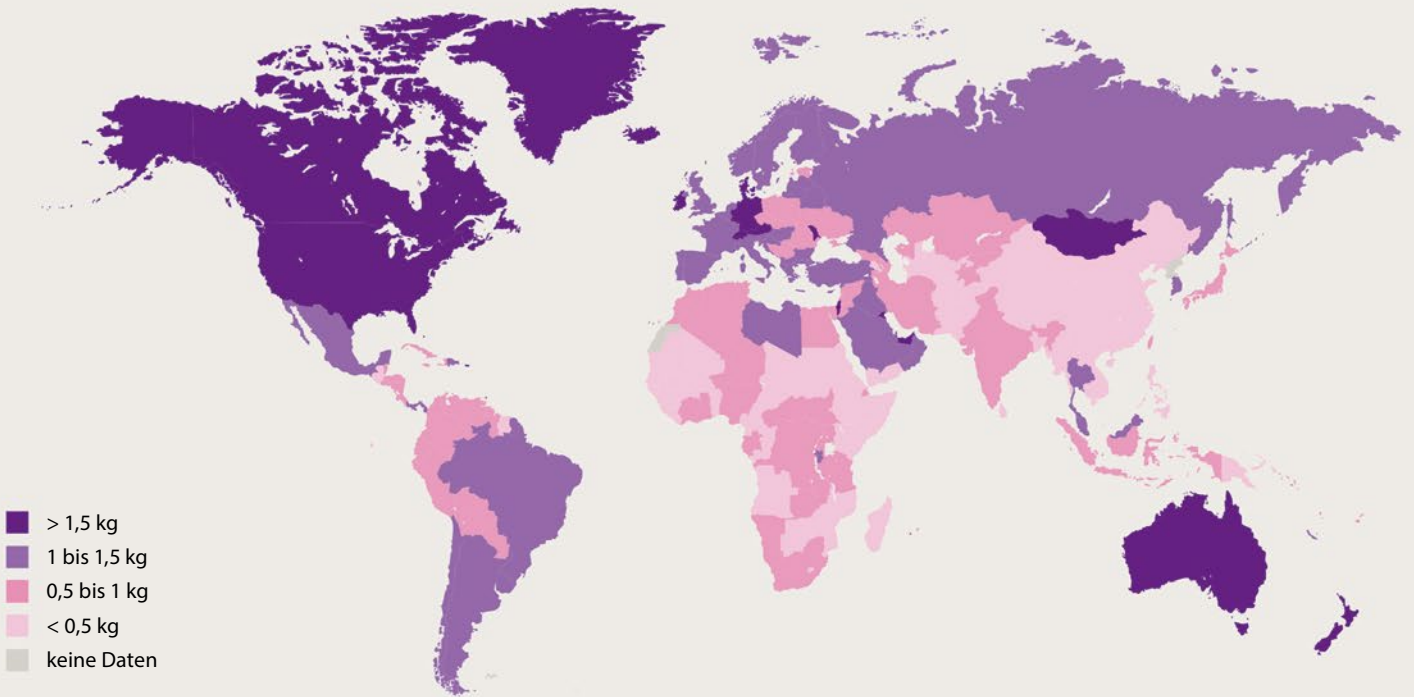
Es besteht dringender Handlungsbedarf, die Einsparpotenziale bei diesem größten Einzelemissionsposten „sonstiger Konsum“ so weit wie möglich zu nutzen.

Umsteuerung durch Kreislaufwirtschaft ohne Systemwechsel?

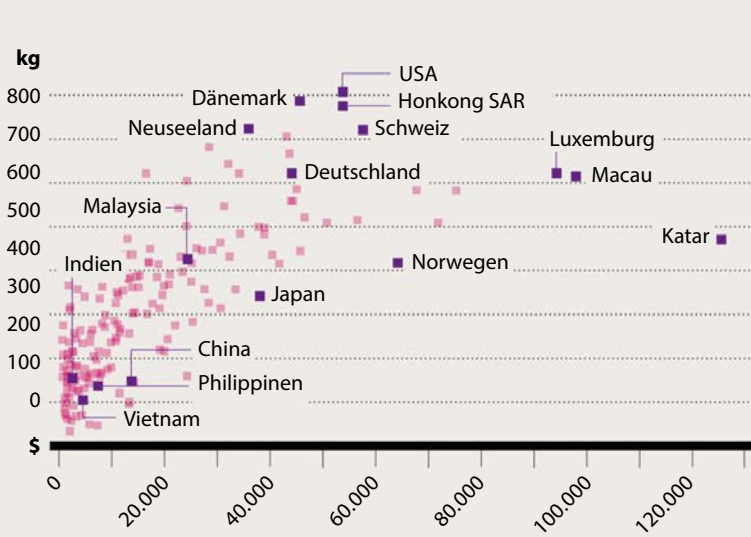
Die seit 2015 von der EU verfolgte Politik der Kreislaufwirtschaft ist darauf gerichtet, „den Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen innerhalb der Wirtschaft so lange wie möglich zu erhalten und möglichst wenig Abfall zu erzeugen.“ Ein Systemwechsel wurde dabei aber nicht verfolgt. Stattdessen wurde auf Recycling gesetzt. Das ist falsch. Anthropogene Kreisläufe lassen sich wegen der hohen stofflichen Komplexität unserer Produkte biogenen Kreisläufen nicht einfach nachbilden. Vielmehr führt jede Produktion zu höherer Entropie und damit zu immer mehr Abfall, trotz Recycling.

Das Narrativ der Kreislaufwirtschaft wird dann zur Gefahr, wenn es suggeriert, dass es stetiges Wirtschaftswachstum geben könne, ohne Klimawandel und Ressourcenverbrauch zu fördern. Bereits in den frühen 1990er-Jahren formulierte Rolf-Ulrich Sprenger in einem Essay zu Umweltschutz und Wirtschaftswachstum scharfe Kritik an, wie er sagte, europäischer Vertrags-

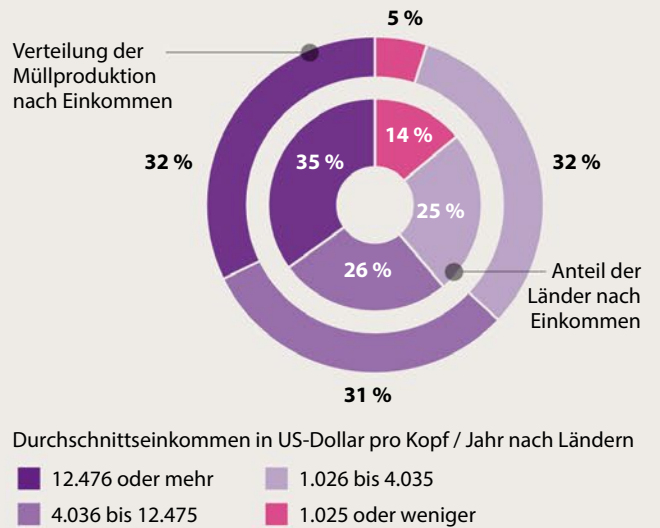
► Abb. 1 / **Die Zusammenhänge zwischen Wohlstand und Müll.**
 Müllproduktion: pro Kopf und Tag, 2016.



Aufteilung der Müllproduktion nach Bruttoinlandsprodukt
 Kilogramm pro Kopf und Jahr, Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in US-Dollar



Verhältnis der Müllproduktion zum Wohlstandsniveau
 215 Staaten, 2016



und Programmlyrik, mit Grün- und Weißbüchern, die letztlich Placebo-Charakter hätten, und zitierte den früheren EG-Kommissar Ripa di Meana, der die europäische Wirtschafts- und Umweltpolitik als die „hohe Schule der Heuchelei“ bezeichnet habe. [4] Den Gegenbeweis, dass Kreislaufwirtschaft mehr ist als bloße Programmlyrik, muss die Kommission im Rahmen ihres „Green Deal“ und der Fortschreibung der Kreislaufwirtschaft 2.0 jetzt erbringen. Es ist daher von großer Bedeutung, jetzt sehr konkrete Vorschläge zu machen, die sich praktisch verwirklichen lassen, systemisch angelegt sind und eine Systemänderung, und damit mehr als nur inkrementelle Veränderungen, bewirken können. In ihrer jüngsten Kommunikation des „European Green Deal“ vom 11.12.2019 [5] hat die Kommission erhebliche Erwartungen geweckt, einen lange erhofften Systemwechsel anzugehen. Dabei soll im Rahmen des versprochenen neuen „Circular Economy Action Plan“ als Teil einer neuen Industriestrategie eine „nachhaltige Produktpolitik“ entstehen, deren genauere Umriss sich schon in wenigen Monaten abzeichnen müssen.

Von der Abfallwirtschaft zur Steuerung von Rohstoffkreisläufen

Die bisher von der Kommission vorgeschlagenen und unter dem Label „Kreislaufwirtschaft“ entwickelten Maßnahmen, vor allem abfallpolitischer Art, führen am Ziel vorbei.

Die im Rahmen des Kreislaufwirtschaftspakets verbesserte Abfallgesetzgebung, insbesondere die 2018 konsolidierte Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG [6], enthält zwar bedeutende rechtliche Klarstellungen, doch verstärken diese nur den untauglichen Versuch, Nachhaltigkeitsfragen alleine aus der Perspektive des Abfallrechts zu lösen.

Zum Beispiel wird die erweiterte Herstellerverantwortung zwar konkretisiert und die Akteure können zu finanziellen Beiträgen verpflichtet werden, die an Nachhaltigkeitskriterien gekoppelt sind. Jedoch wird in wenigen Mitgliedstaaten das System der abfallrechtlichen Produktverantwortung nicht wirklich gelebt, und Nachhaltigkeit erhält bestenfalls ein an den Kunden weitergereichtes Preisschild, entscheidet aber nicht über die Marktfähigkeit von Produkten. Das ist ein grundlegender Systemfehler.

Abfallvermeidung wird zwar weiter konkretisiert, doch wird Abfallvermeidung leicht zu einem unsichtbaren Fremdkörper, wenn sie in der Abfallpolitik versteckt ist und über rein appellative Regelungen nicht hinausgeht. Während Abfallgesetzgebung erst am Ende des Lebenszyklus von Produkten ansetzt, kann sich effektive Abfallvermeidung operativ nur am Anfang,

Das Narrativ der Kreislaufwirtschaft wird dann zur Gefahr, wenn es suggeriert, dass es stetiges Wirtschaftswachstum geben könne, ohne Klimawandel und Ressourcenverbrauch zu fördern.

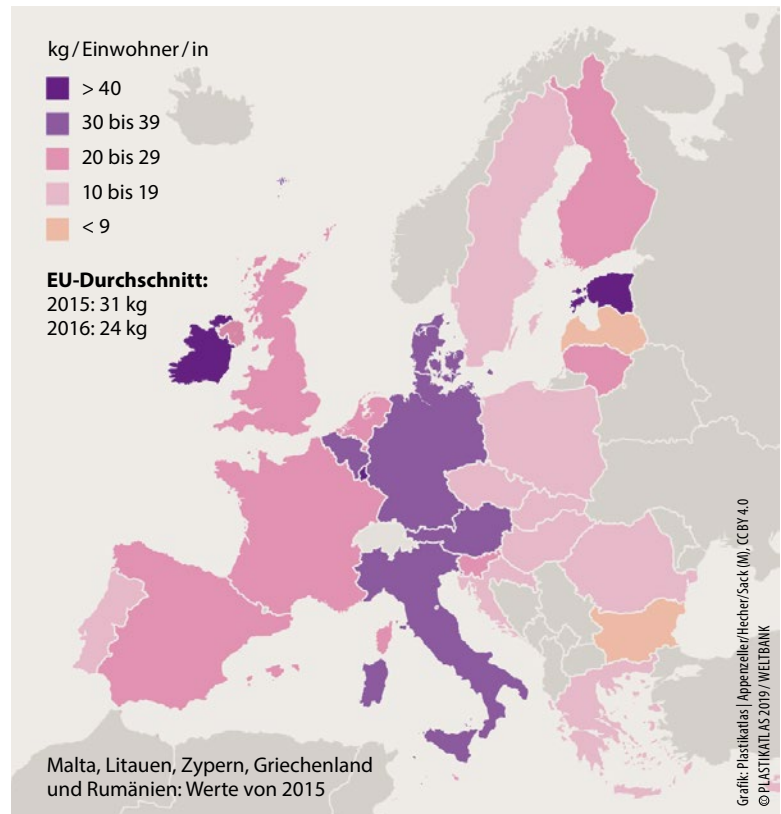
auf der Ebene von Produktdesign und Produktion, ereignen. Für diese Bereiche des Lebenszyklus sind jetzt allgemeine und verbindliche Regelungen zu schaffen.

Andere Maßnahmen wie die zum Teil deutliche Anhebung der Zielvorgaben für Recycling aller möglichen Abfallströme setzen ebenfalls nicht an der Wurzel des Problems an. Sie verbreiten Ambitionseuphorie lediglich auf der dritten Stufe der Abfallhierarchie. Recyclingziele werden häufig nicht eingehalten und Recyclingquoten werden systematisch schöngerechnet. Zum Beispiel wird das moderate Ziel, 50 % der Siedlungsabfälle bis 2020 zu recyceln, voraussichtlich etwa von der Hälfte der Mitgliedstaaten verfehlt werden.

Die 2018 ebenfalls vorgestellte „Plastik-Strategie“ enthält als strategisches Kernelement hauptsächlich die intensive Bewerbung von mehr Kunststoffrecycling, ohne sich ernsthaft der Frage zu widmen, wie man die bestehende und weiter wachsende Plastikflut wirksam eindämmen könnte, obwohl genau darin die wichtigste Herausforderung der maßlosen weltweiten Überproduktion von Kunststoffen besteht (*Abb. 2*).

Die 2019 verabschiedete SUP-Richtlinie EU/2019/904 [7] versucht, diesen Mangel zu beheben, indem erstmals unter anderem ganz bestimmte kurzlebige Kunststoffprodukte konkreten Maßnahmen unterworfen werden, die in wenigen Fällen sogar zu einem Verbot solcher Produkte führen. Fischfanggeräte aus Kunststoff unterfallen der gesteigerten Herstellerverantwortung. Ganz zweifellos geht diese Richtlinie in eine neue und richtige Richtung, Abfallvermeidung konkret vorzuschreiben und mit konkreten Maßnahmen zu unterlegen. Die Bedeutung dieser Richtlinie besteht vor allem darin, dass mit ihr erstmals die Einhaltung rudimentärer Nachhaltigkeitskriterien für Kunststoffprodukte erzwungen werden kann. Sie geht dabei in ihrer Eingriffsintensität über die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG [8] deutlich hinaus. Jene macht nur Vorgaben für die Beschaffenheit von energieverbrauchenden Produkten, wurde aber immerhin 2019 durch zehn Durchführungsverordnungen zum Ökodesign ergänzt und erweitert. [9]

► Abb. 2 / **So viel Plastikmüll fällt in der EU an.**
Plastikverpackungsabfall pro Kopf in EU-Ländern,
2016.



Sowohl die SUP-Richtlinie als auch die Ökodesign-Richtlinie lassen erkennen, dass die Mitgliedstaaten grundsätzlich bereit sein könnten, nachhaltigkeitsrelevante Produktstandards durch Gesetzgebung zu definieren. Damit erscheint ein Systemwechsel denkbar, hin zu einem umfassenden Regelwerk zur Nachhaltigkeit von Produkten.

Kreislaufwirtschaft ist weit mehr als Recycling

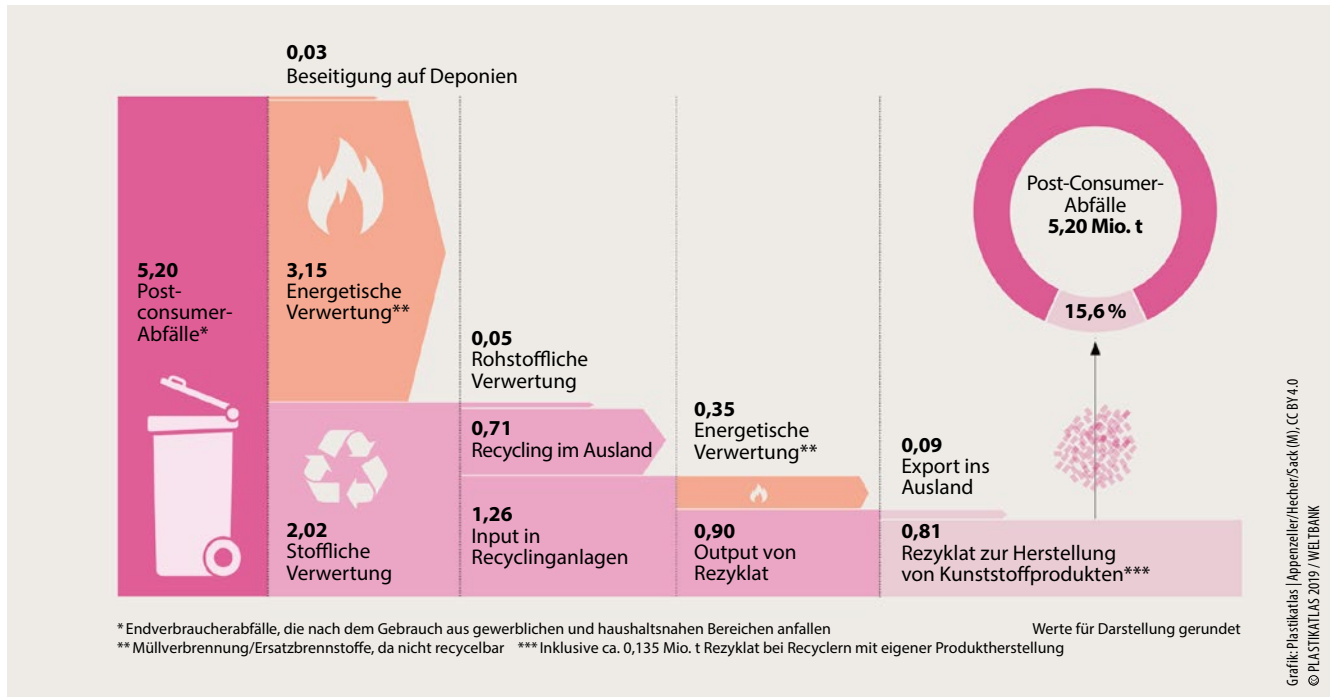
Die Kommission hat bisher Kreislaufwirtschaft zu sehr aus der Perspektive der Abfallwirtschaft gedacht und dabei vor allem Abfallbehandlungsmaßnahmen wie das Recycling zu stark betont. Dies ist aus zwei Gründen problematisch (Abb. 3). Zum einen greift Recycling erst dann ein, wenn ein Produkt zu Abfall geworden ist. Abfälle zu recyceln ist aber ein unter Umständen äußerst aufwendiger, energie- emissions- und auch kostenintensiver Prozess, vor allem wenn es sich um Materialien handelt, die a priori nicht recyclingfreundlich sind wie etwa Kunststoffe. Hochwertige Kunststoffrecyclate sind am Markt oft nicht konkurrenzfähig zu virginen Kunststoffen, die keine Verunreinigungen

**Nachhaltigkeit erhält bestenfalls ein
an den Kunden weitergereichtes
Preisschild, entscheidet aber nicht über
die Marktfähigkeit von Produkten.
Das ist ein grundlegender Systemfehler.**

gen aufweisen und dank billiger Ausgangsstoffe zu günstigen Preisen hergestellt werden können.

Zum anderen fehlt es an einer mit Kreislaufdenken kohärenten Definition des Recyclings. Die Definition in Art. 3 Nr. 17 Abfallrahmenrichtlinie ist quantitativer und nicht qualitativer Natur und damit in Wahrheit eine Definition des „Downcyclings“. Dies ist problematisch, da die Kreislaufwirtschaft „als Steuerung gesellschaftlicher Stoffströme mit dem Ziel der Nachhaltigkeit“ nur substituierfähige Stoffe als kreislauffähig anerkennen kann. Solche Stoffe sind weitgehend Metalle und Glas. Bei Papier

► Abb. 3 / **Die Beseitigung des Plastikmülls in Deutschland.** Aufbereitung von Kunststoffabfällen und Wieder-Einsatz in der Kunststoffverarbeitung, in Mio. t, 2017.



und Kunststoffen nimmt die Recyclingfähigkeit mit jedem Recyclingdurchlauf ab. In der EU lag 2018 der Anteil der Kunststoffrezyclate in der Kunststoffverarbeitung bei nur 7 % – eine bescheidene Kreislaufbilanz. [10]

Schließlich überzeugt auch die Ankündigung nicht, dass bis 2030 alle Kunststoffverpackungen recycelbar sein sollen. [11] Dies führt im Modell zu exponentiellem Wachstum, da im Schnitt mindestens 50 % Neuware beigemischt werden muss, um ein neues Produkt herzustellen. Ein solches Ergebnis ist nicht mit dem Ziel einer nachhaltigkeitsorientierten Kreislaufwirtschaft vereinbar. Vorrangiges Ziel einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft muss die Abfallvermeidung sein. Sie kann nicht auf der Stufe des Recycling stattfinden, sondern muss einsetzen, bevor Abfall überhaupt entstanden ist, nämlich in der Phase des Designs von Produkten.

Lösungen, die heute für Deutschland oder für Europa entwickelt werden, müssen weltweit skalierbar sein. Sie müssen geeignet sein, Anforderungen einer künftigen Weltbevölkerung von über zehn Mrd. Menschen zu erfüllen (Abb. 4).

Obwohl Recycling zweifellos betrieben werden muss und in seiner Fortentwicklung noch erhebliches Verbesserungspotenzial

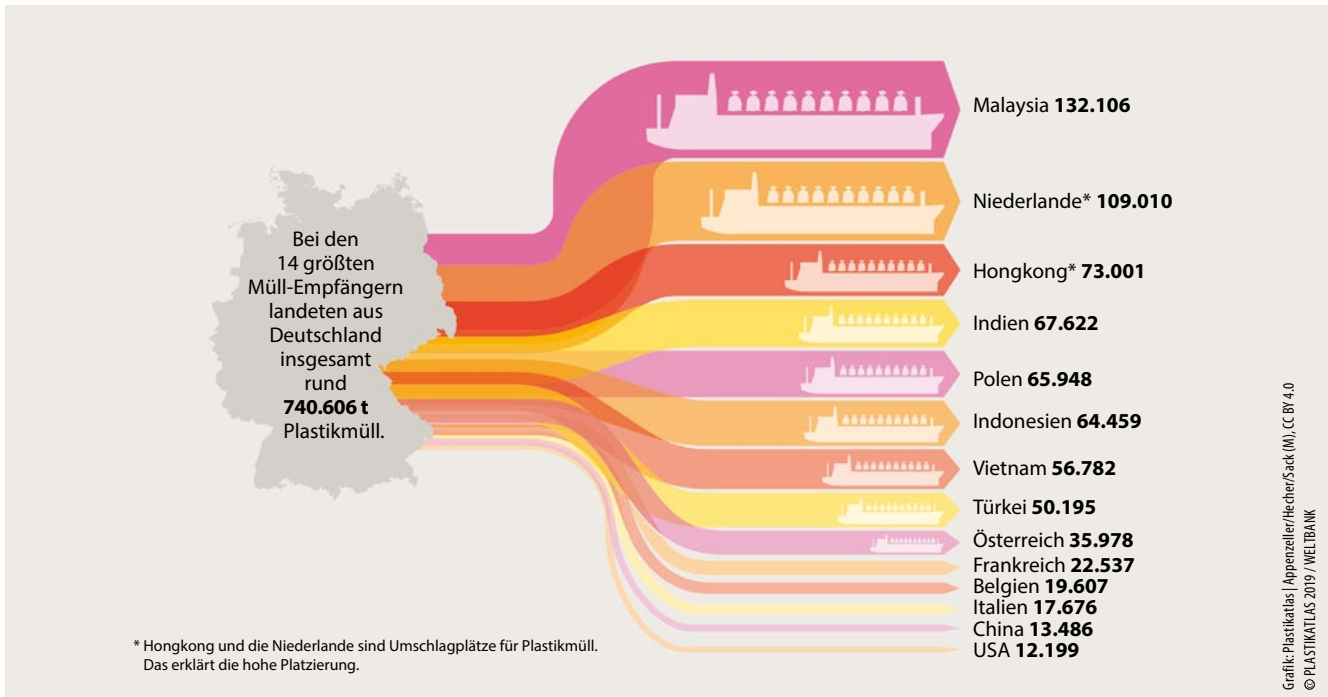
Kreislaufwirtschaft durch Einführung nachhaltigkeitsorientierter Produktstandards muss zu einem weltweit-skalierbaren System der Abfallvermeidung führen.

steckt, darf nicht der Eindruck vermittelt werden, Konsum und Produktion müssten sich nicht wesentlich verändern, da man ja recyceln könne. Stellvertretend für viele irriige Entwicklungen steht das millionenfache tägliche Abfüllen zumeist aromatisierten Wassers in PET-Flaschen.

Dies führt alleine in Deutschland pro Jahr zur Produktion von 16,4 Mrd. Flaschen. [12] Diese sollten nicht recycelt, sondern vermieden werden. Dezentrale Abfüllung und Vermarktung entkräften das Argument, PET-Einwegflaschen seien alternativlos.

Es wäre also nun an der Zeit, den notwendigen Kurswechsel einzuleiten und damit zu beginnen, Nachhaltigkeitsfragen da

► Abb. 4 / **Wo der deutsche Plastikmüll landet.** Die 14 wichtigsten Exportziele in t im Jahr 2018.



zu lösen, wo über die Nachhaltigkeit von Produkten entschieden wird, nämlich auf der Ebene der Planung und Herstellung von Produkten. Um das zu erreichen, wäre der bestehenden Abfallpolitik eine neue nachhaltige Produktpolitik an die Seite zu stellen.

Forderung einer kohärenten kreislauffähigen Produktpolitik

Der Rat hat in seinen Schlussfolgerungen zur Kreislaufwirtschaft vom 4.10.2019 gefordert, [13] zu einer „kohärenten kreislauffähigen Produktpolitik“ einen Gesetzesvorschlag zu erarbeiten.

Erforderlich wäre eine Rahmengesetzgebung, die allgemeine Grundsätze und Produkthanforderungen festlegt, ähnlich der Abfallrahmenrichtlinie. Diese war als Meilenstein der Abfallgesetzgebung sehr erfolgreich, ist aber beim Thema Abfallvermeidung gescheitert.

Eine Rahmenrichtlinie könnte einen kohärenten Rechtsrahmen für Produkte schaffen. Ihr Ziel muss es sein, allgemeine Grundsätze und Bedingungen zu formulieren, unter denen Pro-

dukte Marktzulassung erhalten können. Sie könnte folgende Elemente enthalten:

1. Produkthierarchie

Diese stellt eine Prioritätenfolge von generischen nachhaltigkeitsorientierten Produkteigenschaften dar. [14] Nationale Rechtsvorschriften und politische Maßnahmen hätten sich an dieser Prioritätenfolge zu orientieren. Es wäre damit auch leichter möglich, mit finanzpolitischen Instrumenten steuernd einzugreifen und eine nachhaltige Produktion gezielt zu fördern. Eine solche Produkthierarchie könnte nach dem Vorbild der Abfallhierarchie als Regel-Ausnahmeverhältnis ausgestaltet werden und somit ausreichend Flexibilität für gerechtfertigte Abweichungen zur Verfügung stellen. Als Kriterien eignen sich:

- Langlebigkeit
- Reparierbarkeit, Nachrüstbarkeit, modularer Aufbau
- Nicht-toxische Zusammensetzung (Substances of Very High Concern)
- Recyclierbarkeit.

▶ INFO

PRODUZENTENVERANTWORTUNG FÜR NACHHALTIGKEIT

Wäre die Produzentenverantwortung in einem gesonderten Produktrecht geregelt, gäbe es verbindliche Pflichten für Hersteller, die zu einer effektiven Abfallvermeidung führen würden. Die Erfüllung dieser Pflichten sollte als Bedingung für den Marktzugang ausgestattet sein:

- Grundsätzliche Rücknahmepflicht für alle Produkte
- Angabe der durchschnittlichen Lebensdauer eines Produkts am Verkaufspunkt
- 5 Jahre Mindestherstellergarantie als Grundsatz
- 30 Jahre Garantie für die Verfügbarkeit von Ersatzteilen
- Pflicht zur Unterhaltung eines flächendeckenden Reparaturnetzwerks oder zur Beteiligung an den Kosten eines von Dritten betriebenen Reparaturnetzwerks
- Pflicht zur technischen Aufbereitung komplexerer Produkte, soweit ökonomisch und ökologisch sinnvoll
- Verbot der Vernichtung von Rückläufen insbesondere aus dem Online-Handel.

2. Produkt-Ende definieren

Nach heutigem Recht steht am Ende des Produktlebenszyklus unausweichlich die Abfallphase. Dies muss nicht so sein. Produkte werden nach Art. 3 Nr. 1 AbfRR zu Abfall wenn sich der Besitzer ihrer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Es muss darum gehen, diese Phase des Kontrollverlusts durch Wegwerfen zu überspringen. Auch ein unbrauchbar gewordenes Produkt wird nicht zu Abfall, wenn sich der Besitzer seiner nicht entledigt, entledigen muss oder entledigen will.

Tritt Entledigung ein, so kommt es in der Regel zur Beschädigung, Vermischung, Verschmutzung und all den typischen negativen Begleiterscheinungen, die mit der Abfallphase verbunden sind. Die Entledigung kann dadurch vermieden werden, dass Produzenten grundsätzlich verpflichtet werden, die Kontrolle über Produkte während des kompletten Lebenszyklus zu behalten und dafür zu sorgen, dass sie diese zurück-erhalten. Bei Verpackungen mag es aus praktischen Gründen bei den bisherigen im Abfallrecht entwickelten Systemen bleiben.

Für andere Produkte, technische Geräte, Elektronikprodukte, Möbel, Kleidung und vieles mehr erscheinen Pfand-

Es muss darum gehen, diese Phase des Kontrollverlusts durch „Wegwerfen“ zu überspringen.

systeme denkbar, die dem Produzenten die Kontrolle und Verfügung über das in seinen Produkten verkörperte Rohstoffdepot ermöglichen.

Ein rechtliches System, das Produzenten verpflichtet und in die Lage versetzt, den Zugriff auf die von ihnen als Produkte in Umlauf gebrachten Rohstoffe zu behalten, hätte das Potenzial, eine neue Dynamik unternehmerischen Handelns auszulösen. Das unternehmerische Interesse könnte sich darauf konzentrieren, für die eigene Produktion relevante Rohstoffkreisläufe so weit wie möglich unter Kontrolle zu halten und zu schließen. Produzenten kennen ihre Rohstoffe und können deren Verfügbarkeit sowie durch geeignete Designmaßnahmen auch den ökonomischen Prozess bei der Verwertung ihrer Produkte beeinflussen.

In einem solchen System würde Abfall zur Ausnahme werden, da die Unbrauchbarmachung und Wertminderung von Rohstoffen durch Verschmutzung beim Durchlaufen einer Abfallphase vermieden werden könnten. Hersteller würden die Potenziale nutzen, in Rohstoffkreisläufen zu denken und nicht in den Kategorien von Produkt und Abfall. Die Konzentration auf Produkte am Ende ihres Lebenszyklus ist etwas qualitativ anderes als die Konzentration auf Abfall.

Als operative Elemente kämen neben umfassenden Depositsystemen besonders auch neue Geschäftsmodelle wie die „Subscription Economy“^[15] in Betracht.

3. Erweiterte Herstellerverantwortung für Nachhaltigkeit

Die erweiterte Herstellerverantwortung, wie in der AbfRR beschrieben, organisiert auch in der Neufassung der Richtlinie 2018 grundsätzlich die Verantwortung des Produzenten für die Abfallphase des Produkts.

Hersteller sind nach wie vor nicht verpflichtet, nachhaltige Produkte herzustellen. Sie haben stets die Wahl, ob sie sich an der Entsorgung ihrer Produkte zu geringeren oder zu höheren Kosten beteiligen wollen.

4. Pflicht zum Design für Nachhaltigkeit

Die bereits beschriebene Definition des Produktendes würde voraussichtlich bereits als Treiber für nachhaltige Produktion wirken, da Produzenten einen Anreiz hätten, in Stoffkreisläufen zu denken und nicht in Kategorien von Produkt und Abfall. Dies alleine wäre jedoch nicht ausreichend. Es bedarf weiterer direkt und unmittelbar wirkender Vorgaben für das Produktdesign.

Das Produktdesign entscheidet über die Qualität von Produkten nach allen Kriterien der beschriebenen Produkthierarchie, einschließlich des ökonomisch sinnvollen Recyclings. Nachhaltigkeit lässt sich ausschließlich auf dieser Ebene sinnvoll organisieren. Produktdesign ist daher der Schlüssel zur Nachhaltigkeit und der damit alles entscheidende Ausgangspunkt für ein verantwortungsvolles Management von Stoffströmen. Es liegt entscheidend in der Hand des Designers, ob ein Produkt am Ende seines Lebenszyklus völlig unbrauchbar wird oder ob und wie es sich ganz oder teilweise wiederverwenden oder weiterverwenden lässt. Die Rolle des Produktdesigns sollte begriffen werden als Vorsorge zur Abfallvermeidung, um den Begriff der Entsorgung weitgehend überflüssig zu machen.

5. Öffentliches Beschaffungswesen

Allein in Deutschland betrug im Jahr 2016 das Volumen der öffentlichen Beschaffung 350 Mrd. €. [16] Das öffentliche Beschaffungswesen stellt eine Nachfragemacht dar, deren Potenzial für die Zwecke einer nachhaltigen Produktpolitik genutzt werden könnte und sollte.

Im Bereich öffentlicher Beschaffung besteht oft die Tendenz, Produkte nicht nach wirtschaftlichen Kriterien, sondern vor allem über den Preis zu beschaffen, wobei „billig“ fälschlich mit „wirtschaftlich“ gleichgesetzt wird. Dies führt zu unwirtschaftlicher, minderwertiger Beschaffung und häufig unnötiger Ersatzbeschaffung.

Potenzial für neue Wirtschaftsmodelle könnte dadurch erschlossen werden, dass Produkte nicht gekauft, sondern nur gemietet werden. Ferner könnte bei Einkäufen auf gebrauchte, reparierte, nachgerüstete Produkte mit voller Garantie zurückgegriffen werden. Durch ihre Nachfragemacht könnte die öffentliche Hand einen wesentlichen Impuls zur Schaffung eines Sekundärproduktmarktes und eines starken Dienstleistungssektors für die Reparatur und Aufwertung von Gebrauchtartikeln setzen.

Es ist erforderlich, ein System zu schaffen, das eine grundsätzliche Nachhaltigkeitsprüfung sicherstellt.

Dies gilt in gleichem Maße für die Erhöhung des Recyclatgehalts in Produkten, um die Recyclingwirtschaft zu stärken.

6. Registrierungssystem für Produkte

Produkte können bereits jetzt vielfältigen Prüfungen vor ihrem Markteintritt unterliegen. Diese betreffen in der Regel die Produktsicherheit. [17] Grundsätzlich keiner umfassenden Prüfung unterliegenden Produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit. Auch Produkte, die offensichtlich nicht nachhaltig sind, können ohne Weiteres vermarktet werden.

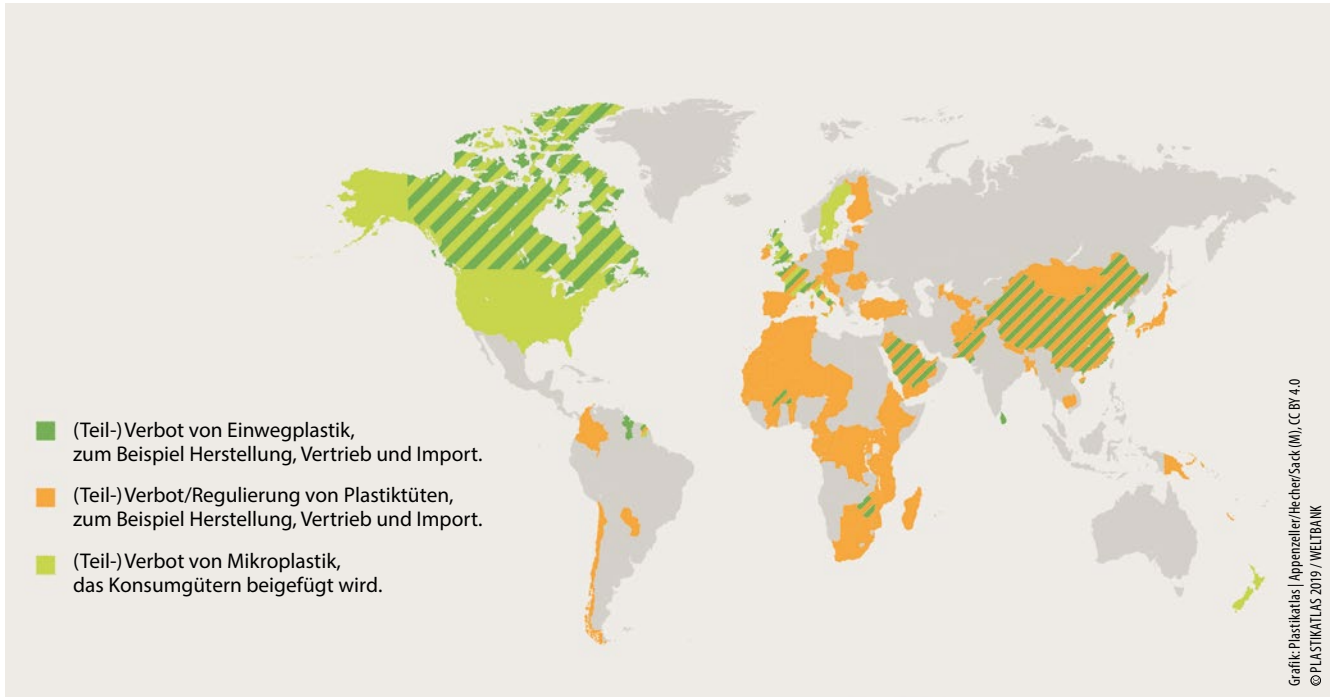
▶ INFO

PRODUKTDESIGN

Vorgaben in diesem Bereich beziehen sich auf alle vier Stufen der Produkthierarchie, wobei insbesondere Langlebigkeit, Reparierbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclierbarkeit sowie das Vorhandensein gefährlicher Stoffe zu berücksichtigen sind:

- Grundsätzliche Entprivilegierung der Produktion kurzlebiger Ware durch adäquaten Einsatz ökonomischer Instrumente
- Verbot programmierter Obsoleszenz durch ordnungspolitische Maßnahmen
- Gebot des Designs für Langlebigkeit, Reparierbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclierbarkeit sowie modularer Aufbau von Produkten
- Verbot von Marketingmodellen, die Maschinen durch den Verkauf von Verbrauchsmaterialien subventionieren und so künstlich billig erscheinen lassen, Beispiel: „Ink-Printer-Prinzip“
- Verbindliche Erfüllung von Materialprüfungskriterien zum Nachweis einer Mindesthaltbarkeit vor Marktzulassung
- Design geringster Toxizität
- Design nach dem Grundsatz-Ausnahmeverhältnis: Monomaterialien vor Kompositen.

► Abb. 5 / **Schritte gegen die Plastikvermüllung.** Regulierung von Plastik, Stand: Dezember 2015.



Angesichts der Folgen der eingangs beschriebenen Klimakrise ist es nicht länger hinnehmbar, dass Produkte ohne Nachhaltigkeitsprüfung im europäischen Binnenmarkt absatzfähig sind (Abb. 5). Aus diesem Grund ist es erforderlich, ein System zu schaffen, das eine grundsätzliche Nachhaltigkeitsprüfung sicherstellt. Durch die Erstellung einer entsprechenden Datenbank könnte die Voraussetzung für ordnungspolitische Maßnahmen geschaffen werden, um die Nachfrage nachhaltigkeitsorientiert zu steuern.

Um den notwendigen Systemwechsel zu organisieren, bedarf es dringend ergänzender gesetzlicher Vorgaben, die einen verbindlichen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten in Europa setzen. Nur so ist es effektiv möglich, für nachhaltige Produkte in Europa einen Wettbewerbsrahmen zu schaffen, der nachhaltiger Produktion eine faire Chance gibt und die Abwärtsspirale einer den Klimawandel befeuernden und Rohstoffe vergeudenden reinen Durchsatzökonomie wirkungsvoll durchbricht. ↗

Der vorliegende Text gibt Einschätzungen und Positionen des Autors und nicht Standpunkte der Europäischen Kommission wieder.

Literaturhinweise

- [1] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#textpart-1> Letzter Aufruf 28.10.2019
- [2] <https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biz088/5610806>. Letzter Aufruf 15.11.2019
- [3] <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/oecd-weltweiter-rohstoffverbrauch-wird-sich-bis-2060-nahezu-verdoppeln.html>, letzter Aufruf 16.11.2019
- [4] <http://library.fes.de/gmh/main/pdf-files/gmh/1994/1994-08-a-534.pdf>.
- [5] The European Green Deal, COM (2019) 640 final
- [6] Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG in der letzten konsolidierten Fassung: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098-20180705&from=EN>
- [7] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN>
- [8] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0125-20121204&from=EN>
- [9] <https://ec.europa.eu/energy/en/regulation-laying-down-ecodesign-requirements-1-october-2019>

[10] Conversio 2018, Stoffströme in Europa. Vortrag am 14.6.2018, Bad Neuenahr Ahrweiler

[11] in diese Richtung wird schon eifrig geforscht. <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/recyclingfaehige-verpackung.html>

[12] <https://www.duh.de/mehrweg-klimaschutz0/einweg-plastikflaschen/>;
<https://de.whales.org/2017/07/03/1-million-plastikflaschen-pro-minute/>

[13] <https://www.consilium.europa.eu/media/40928/st12791-en19.pdf>,
Randnr. 26

[14] Vgl. zur parallelen Konstruktion der Abfallhierarchie: Cranefeld und Conzelmann, https://www.kk-rae.de/sites/default/files/2018-02/130108_abfallr_beitrag_abfallhierarchie.pdf

[15] <https://www.cloudcomputing-insider.de/die-subscription-economy-als-zukunftsmodell-der-wirtschaft-a-821241/>

[16] Eßig, M., Schaupp, M. (2016): https://www.koinno-bmwi.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Ermittlung_des_innovationsrelevanten_Beschaffungsvolumens_des_oeffentlich..._3_.pdf (16.11.2019)

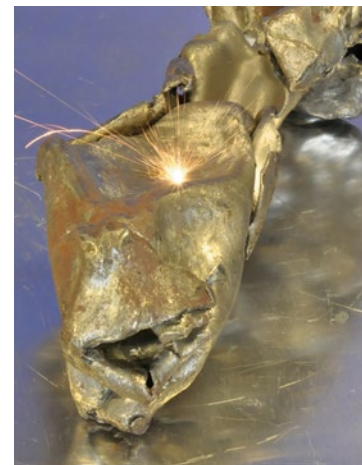
[17] https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_de.htm



PROF. DR. JUR. HELMUT MAURER

arbeitet seit 2002 hauptberuflich für die Europäische Kommission. Als Senior Legal Expert in der Chemikalienabteilung der Generaldirektion Umwelt befasst er sich unter anderem mit Fragen der nachhaltigen Entwicklung durch Kreislaufwirtschaft.

LASERBASIERTE SORTIERANLAGEN ZUM WERTSTOFF- RECYCLING



**Metallschrotte
vollautomatisch
reinigen und
sortieren.**

**Schnell. Präzise.
Wirtschaftlich.**



„BUSINESS AS UNUSUAL“ – ELEKTROMOBILITÄT ALS TESTFALL FÜR DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT

CHRISTIAN HAGELÜKEN

Die nachhaltige Bereitstellung und Nutzung von Metallen ist eine Schlüsselvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung vieler neuer Klimaschutz-Technologien, vor allem im Bereich der Energieerzeugung und -speicherung sowie der Mobilität.

Das von der EU-Kommission im Jahr 2015 eingeführte Konzept einer Kreislaufwirtschaft [1] kann ein starker Impulsgeber für die Erschließung von Sekundärrohstoffen durch effektives Recycling sein, um dadurch die benötigten Rohstoffe für Technologien wie die Elektromobilität nachhaltig zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert jedoch grundlegende Änderungen in der Art und Weise, wie Produkte entworfen, verkauft, verwendet und recycelt werden.

Anstieg des Rohstoffbedarfs für Elektromobilität

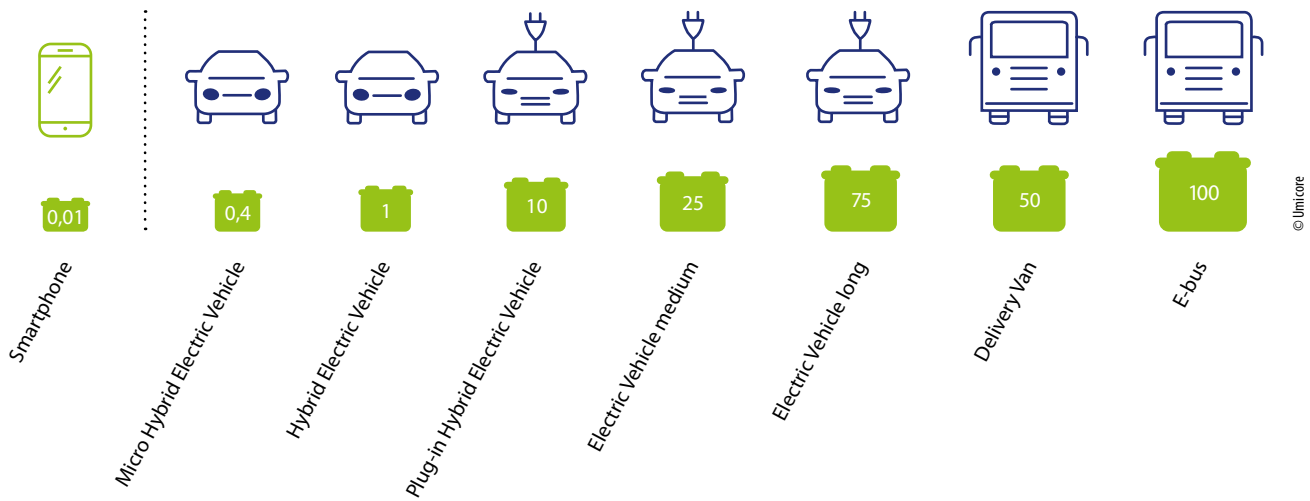
Ein Beispiel für den erheblichen Rohstoffbedarf neuer Technologien ist die Umgestaltung des Verkehrssektors von fossilen Antrieben hin zur Elektromobilität. Dies wird zu einem signifikanten Nachfrageanstieg für Batteriematerialien führen. [2] Lithium-Ionen-Batterien (Eigentlich handelt es sich um Akkumulatoren. Wegen des allgemeinen Sprachgebrauchs wird in diesem Text aber der übliche Begriff „Batterie“ verwendet.) werden bereits seit den 1990er-Jahren in portablen Anwendungen wie Mobiltelefonen und Laptops eingesetzt. Elektrofahrzeuge dagegen benötigen deutlich größere Batteriesystemen, was zu einem starken Nachfrageschub für Batteriespeicher und die darin enthaltenen

Batteriemetalle (*Abb. 1*) führt. Aus einer aktuellen Studie der Global Battery Alliance des World Economic Forums geht hervor, dass bis zum Jahr 2030 mit einer Steigerung der weltweiten Batteriekapazität um den Faktor 14 auf 2600 GWh zu rechnen ist. Damit verbunden sind eine Verdoppelung der Kobaltnachfrage, eine Steigerung der Lithiumnachfrage um den Faktor 6 sowie erhebliche Auswirkungen auf die Nachfrage nach Nickel und Mangan (*Abb. 2 und Abb. 3*). [3]

Dabei ist bereits berücksichtigt, dass der Kobaltanteil im Kathodenmaterial durch eine zunehmende Substitution durch Nickel im Vergleich zu 2018 deutlich abnehmen wird. Der Materialtechnologie- und Recyclingkonzern Umicore erwartet, dass sich zwischen 2018 und 2030 der Nickelbedarf pro Fahrzeugbatterie von 25 auf 50 kg verdoppelt, während Kobalt von 12 auf unter 5 kg zurück geht. [4]

Für Unternehmen entlang der Batterie-Wertschöpfungskette ist eine zuverlässige und verantwortungsvolle Metallversorgung essenziell. Die Schließung des Stoffkreislaufs durch den Aufbau effektiver Rücknahme- und Recyclingsysteme ergänzt die Primärversorgung und verringert gleichzeitig die Abhängigkeit von Bergbauländern wie der Demokratischen Republik Kongo, woher derzeit rund 60 % der weltweiten Kobaltproduktion

► Abb. 1 / Größenverhältnisse von **Lithium-Ionen-Batterien** in automobilen Anwendungen (Batteriegröße in kWh).



stammen. [5] Darüber hinaus tragen Wiederverwendung und Recycling wesentlich dazu bei, die Umweltbelastung durch Elektromobilität und andere neue Technologien zu verringern. Die Metallkonzentrationen in Batterien sind deutlich höher als in Bergwerken, sodass – bei effizienten Recyclingverfahren – der Verbrauch von Energie, Wasser und Fläche pro Einheit und damit auch der CO₂-Fußabdruck des zurückgewonnenen Metalls deutlich geringer ist als bei der bergbaulichen Gewinnung.

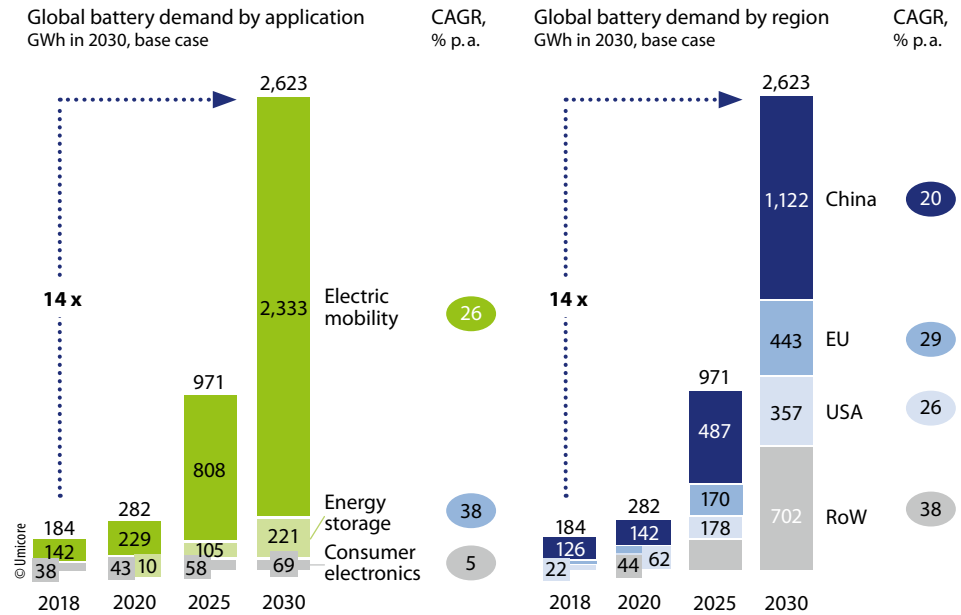
Ungenutztes Potenzial beim Recycling von elektronischen Geräten

Portable Lithium-Ionen-Batterien werden seit mehr als zwei Jahrzehnten für Laptops, Tablets und Mobiltelefone sowie zunehmend für Elektrowerkzeuge und Haushaltsgeräte verwendet. Der Einsatz in diesen Geräten macht auch heute noch den Großteil des Kobaltbedarfs in Batterien aus. In den letzten Jahren wurden weltweit etwa 30.000 t/a Kobalt für solche Gerätebatterien verwendet, was rund 25 % der aktuellen Kobaltminenproduktion entspricht. Recyclingtechnologie und Industriekapazitäten sind vorhanden, um Kobalt und andere Batteriemetalle mit hohen Ausbeuten zu gewinnen (Abb. 4). Allerdings erreicht derzeit nur

Die Schließung des Stoffkreislaufs durch den Aufbau effektiver Rücknahme- und Recyclingsysteme ergänzt die Versorgung und verringert die Abhängigkeit von Bergbauländern.

ein kleiner Teil der Gerätealtbatterien tatsächlich diese hochmodernen Anlagen. Damit geht eine Kobaltmenge verloren, die ausreicht, um 2 bis 3 Mio. vollelektrische Pkw mit Batterien auszurüsten. Zusätzlich können aus Elektroaltgeräten viele Edel-, Sonder- und Basismetalle recycelt werden, die auch für die Steuerelektronik in neuen Technologien benötigt werden. [6]

Metalle sind ein zentrales Element im Circular-Economy-Paket der EU-Kommission [1]. Sie eignen sich aufgrund ihres permanenten Charakters hervorragend für einen geschlossenen Kreislauf. Obwohl die Recyclingraten für Stahl sowie Basis- und Edelmetalle in Schmuck und industriellen Prozesskatalysatoren hoch sind, gibt es vor allem bei Edel- und Sondermetallen in Konsumgütern wie Elektronik oder Fahrzeugen noch erhebliches



► Abb. 2 / Erwartetes weltweites **Wachstum an Batteriespeicherkapazität** nach Anwendungen und Regionen bis 2030. [3]

Optimierungspotenzial. Trotz einer ausreichenden Kapazität von technisch hochmodernen Recyclinganlagen sind die Sammelquoten in vielen Fällen unzureichend. Viele Altprodukte werden nicht diesen Anlagen zugeführt. Wie Abb. 5 zeigt, liegen in Anwendungen wie Consumer-Elektronik oder Automobil selbst für die wertvollen Edelmetalle die realen Recyclingraten über den gesamten Produktlebenszyklus deutlich unter den mit modernen Verfahren erzielbaren technischen Ausbeuten (>95 % für Edelmetalle). Die meisten dieser Stoffkreisläufe sind trotz bestehender Gesetze wie der WEEE-, ELV- oder Batterierichtlinie in der Praxis nur teilweise geschlossen, denn neben der Technik gibt es weitere wichtige Einflussfaktoren. [7]

Wesentlichen Einfluss auf die realen EoL-Recyclingraten haben der Materialwert und das zugrunde liegende Geschäftsmodell. In einem Business-to-Business-Umfeld (B2B) ist es meist einfacher, den Kreislauf auch für weniger hochwertige Materialien zu schließen als in einem Business-to-Consumer-Umfeld (B2C). Über die logistischen und technischen Möglichkeiten der Recyclingindustrie hinaus besteht eine wesentliche Herausforderung darin, für Konsumgüter Sammel- und Verwertungsanreize zu schaffen, die ein umfassendes und effektives Metallrecycling bewirken und auch wirtschaftlich attraktiv machen. [7]

Gesammelte Altprodukte gelangen allerdings nicht automatisch in effiziente, hochmoderne Recyclingprozesse. Sofern das maßgebliche Entscheidungskriterium allein der Recyclingpreis

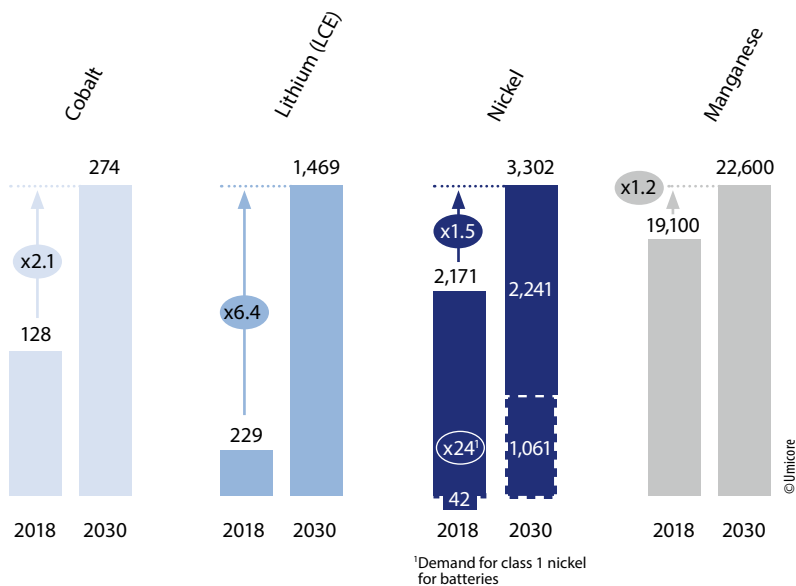


► Abb. 4 / Industrieller **Recycling-Pilotprozess** der Firma Umicore für **Lithium-Ionen-Batterien** aus portablen und automobilen Anwendungen.

ohne Berücksichtigung der tatsächlich erbrachten Leistungen ist, werden kostengünstigere, weniger leistungsfähige Betriebe zum Zuge kommen. Wichtig ist deshalb eine verbindliche Anforderung, nur Recyclinganlagen zu verwenden, die nachweislich Mindestrecyclingstandards erfüllen, wie sie zum Beispiel in der CEN 50625-Reihe für Elektro- und Elektronikaltgeräte definiert sind.

Über dubiose Exportkanäle werden viele Altfahrzeuge aus Europa zum Beispiel nach Westafrika exportiert – häufig befüllt mit Elektronikschrott. [8] Selbst wenn diese Produkte teilweise noch genutzt werden, findet an deren Lebensende wegen fehlender Infrastruktur und Rahmenbedingungen kein hochwertiges Recycling statt. Wirtschaftlicher Treiber für die Exporte ist neben

► Abb. 3 / Erwartete Nachfrage für Kobalt, Lithium, Nickel und Mangan bis 2030 (Base Case, in 1000 t). [3]



► INFO

ZWEI GRUNDANFORDERUNGEN AN DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT

Die physische Dimension

Die physische Dimension fordert, dass Materialien nach dem Ende der EoL auch tatsächlich stofflich ihren Weg in neue Produkte finden müssen, als Metall, Legierung oder als Bauteil. Altprodukte müssen also nicht nur umfassend erfasst, sondern anschließend auch in eine effiziente und qualitativ hochwertige Recycling-Prozesskette eingesteuert werden. Nur so kann ein breites Spektrum an Materialien und Metallen mit hohen Ausbeuten, einer die Wiederverwendung sicherstellenden Qualität und unter hohen Umwelt- und Arbeitsstandards zurückgewonnen werden.

Der physische Kreislauf ist für einfache Produkte (zum Beispiel Glasflaschen oder Aluminiumdosen) prinzipiell leichter zu schließen als für komplexe, multimateriale Produkte wie elektronische Geräte oder Autos. Hier ist daher ein klarer Fokus auf die Qualität und Leistung der angewandten Prozesse entlang der Recyclingkette entscheidend.

Die Recyclingindustrie hat auch für komplexe Produkte leistungsfähige Verfahren für die mechanische Vorbehandlung und die chemisch-metallurgische Endverarbeitung entwickelt. In vielen Fällen werden aber eher kostengünstigere, weitaus weniger leistungsfähige Verfahren bevorzugt. [7]

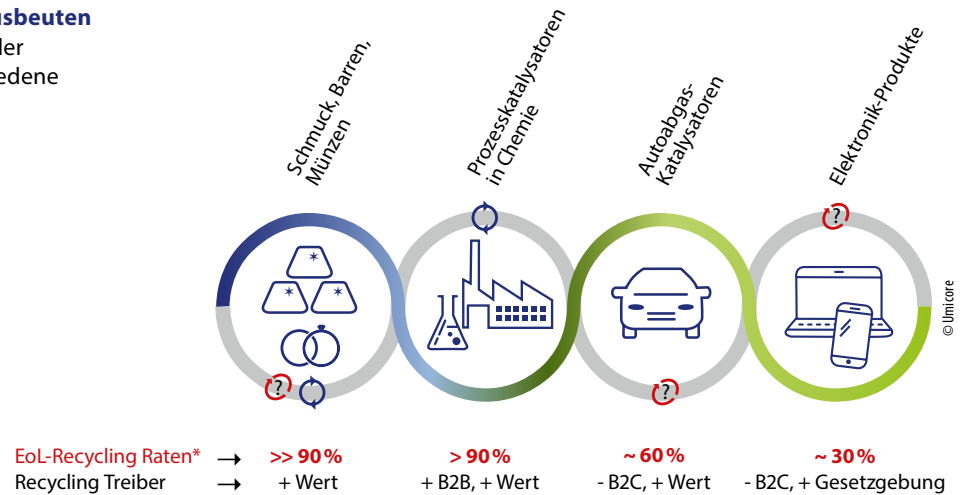
Die wirtschaftliche Dimension

Sind die Gesamtkosten der Recyclingkette (inklusive Sammlung) höher als die erzielbaren Erlöse, wird kein Recycling stattfinden – es sei denn, die Erlöslücke kann anderweitig geschlossen werden.

Je komplexer ein Produkt ist, desto technisch anspruchsvoller und kostenintensiver ist sein Recycling im Sinne einer physischen Kreislaufwirtschaft. Da viele Produkte eine Mischung aus wertvollen und gefährlichen Stoffen enthalten, gilt es dabei, den Kreislauf für ein breites Spektrum von Materialien zu schließen, ohne Kompromisse bei der Umwelt- und Arbeitssicherheit einzugehen. Dies erfordert die Behandlung in spezialisierten, mit entsprechenden Umwelttechniken ausgestatteten Hightech-Recyclinganlagen, die in der Regel höhere Kosten verursachen als ein Recycling mit schlechter Performance und ohne ausreichende Standards (oft außerhalb Europas).

Produkte wie Edelmetallschmuck oder Fahrzeugkatalysatoren bieten einen attraktiven Wertanreiz für das Recycling. Bei Elektronikaltgeräten dagegen fehlt dieser Anreiz, was auch auf die hohen Kosten für die ersten Sammelstufen zurückzuführen ist. Wenn der Verbraucher zum Beispiel durch ein Pfand- oder Leasingssystem incentiviert würde, seine Altprodukte an zentralen Sammelstellen abzugeben, sanken die Logistikkosten deutlich. Eine entsprechende Anpassung von Geschäftsmodellen kann hier den entscheidenden Unterschied ausmachen und starke Anreize schaffen, Altgeräte abzugeben. [7]

► Abb. 5 / **Technische Edelmetallausbeuten**
(Umicore Prozess): > 95 %. Vergleich der
realen EoL-Recyclingraten für verschiedene
edelmetallhaltige Produkte.



Legende:

B2B = Business to Business

B2C = Business to Consumer

+/- positiver/negativer Einfluss auf EoL Recyclingrate

○ = closed loop (B2B), ⊗ = open loop (v. a. B2C)

* für Au, Ag, Pt, Pd, Rh, globaler Durchschnitt

dem Wiederverwendungswert einiger Produkte oder Komponenten vor allem auch die „Externalisierung“ der Umwelt- und Sozialkosten des Recyclings. Im Fokus steht allein die Gewinnung weniger Wertstoffe wie Gold oder Kupfer; Schadstoffe werden emittiert. Selbst modernste Recyclinganlagen, die mehr Materialien zurückgewinnen und höhere Ausbeuten erzielen, können hier nicht wirtschaftlich konkurrieren. Daher sind Gesetzgebung und Vollzug für die Schaffung gleicher Wettbewerbsbedingungen für ein verantwortungsvolles Recycling äußerst wichtig. Nur dadurch kann ein physischer Kreislauf für eine größere Vielfalt von Materialien auch tatsächlich etabliert werden.

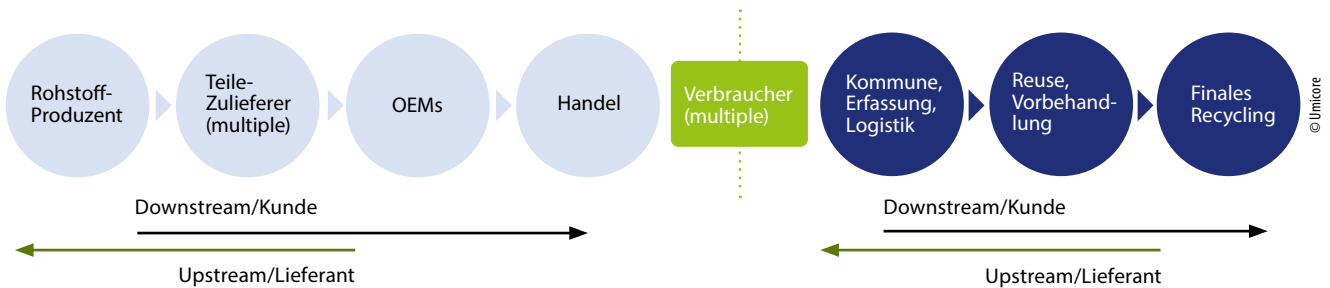
Für Produkthersteller hat der verantwortungsvolle Rohstoffbezug an Bedeutung gewonnen. Getrieben durch den öffentlichen Druck von Nicht-Regierungsorganisationen muss zunehmend nachgewiesen werden, dass die Rohstoffe in Zulieferteilen „sauber“ bezogen werden. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist es allerdings genauso wichtig, am Produktlebensende ein „verantwortungsvolles Recycling“ entlang der gesamten Recyclingkette nachzuweisen.

Erfolgsfaktoren für eine Kreislaufwirtschaft

Inwieweit Produktkreisläufe in der Praxis geschlossen werden, hängt von verschiedenen intrinsischen und externen Faktoren ab. Intrinsische Faktoren sind der Materialwert (zum Beispiel Metallgehalt und -preise), Produktkomplexität und Design (zum Beispiel Zugänglichkeit von Batterien, Demontagefreundlichkeit), angewandte Geschäftsmodelle insbesondere B2C versus B2B (zum Beispiel Leasing-/Produktservicesysteme) sowie die Produktattraktivität für eine Zweitnutzung/Übertragbarkeit zwischen den Nutzern.

Externe Faktoren sind beispielsweise Sammelinfrastruktur und Logistiklösungen, externe Anreize für Sammlung und Recycling (etwa Pfand, Gebühren, Systeme zur Herstellerverantwortung, öffentliche Beschaffungspolitik), Qualität und Wirtschaftlichkeit der angewandten Recyclingverfahren (technische, ökologische und soziale Performance; verfügbare Mengen/Economies of Scale), Gesetzgebung, Monitoring und Vollzug sowie die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren (Hersteller, Einzelhändler, Anwender, Rücknahmesysteme, Logistik, Recycler). [7]

► Abb. 6 / Aktuelle **Barrieren für eine echte Kreislaufwirtschaft** bei Konsumgütern.



- Fokus auf direkten Kunden-/Lieferanten-Schnittstellen; fehlender **Systemansatz** und übergreifende Zusammenarbeit der Akteure entlang des Produktlebenszyklus.
- Konsumgüter: Wenig ökonomische Anreize zur Entwicklung langlebiger, gut reparierbarer und recyclingfähiger Produkte.
- Ausrichtung von Prozessen, Instrumenten, Geschäftsmodellen und Finanzsystemen in Unternehmen auf lineare Geschäfte.
- Wenig Wissen über den Verbleib der Produkte nach ihrem Verkauf.
- Produktlebensende: Fokus vor allem auf Kosten/Preise statt auf Qualität der Recyclingprozesse.

- Derzeitige Systeme der erweiterte Produzentenverantwortung (EPR) schaffen kaum Anreize für umfassendes und hochwertiges Recycling.
- Massenbasierte Recyclingquoten haben wenig Aussagekraft zur realen physischen Rückgewinnung wiederverwertbarer Materialien und ermöglichen keine Priorisierung zwischen einzelnen Inhaltsstoffen.
- OEM-Fokus mehr auf „Legal Compliance“ and Image als auf die Etablierung realer nachhaltiger zirkulärer Geschäftsmodelle.

In den meisten Fällen gehen positive Rahmenbedingungen für ein umfassendes Recycling mit denen zur Verbesserung von Reparatur und Wiederverwendung einher: So ist beispielsweise ein auf die Reparatur eines Geräts ausgelegtes Produktdesign (zum Beispiel austauschbare Batterie) vorteilhaft, um das Gerät später für das Recycling zu konditionieren und die Zuführung der Fraktionen zum bestgeeigneten Endverarbeitungsprozess zu ermöglichen. Auch Transparenz über die tatsächlichen Produkt- und Materialflüsse der Altprodukte sowie der Fokus auf die Performance der angewandten Prozesse sind für die Reparatur/Wiederverwendung und das Recycling wichtig. Ein Geschäftsmodell auf Basis eines Produkt-Service-Ansatzes („Verkaufen statt Besitzen“; Leasing) schafft ein inhärentes wirtschaftliches Interesse daran, Produkte langlebig, reparierbar und recycelbar herzustellen. Zusätzlich generiert es eine kritische Masse an Altprodukten für das Recycling. Dadurch werden Logistikkosten gesenkt und der Leasinggeber (Hersteller oder spezialisierter Produktdienstleister) kann die Recyclingdienstleistungen direkt an zertifizierte, qualitativ hochwertige Recyclingunternehmen vergeben.

Solange das Entscheidungskriterium Recyclingpreis ohne Berücksichtigung der tatsächlich erbrachten Leistungen ist, werden günstigere, weniger leistungsfähige Betriebe zum Zuge kommen.

In der gegenwärtigen Praxis ist vor allem bei Konsumgütern die Schnittstelle zum Verbraucher das Haupthindernis für eine Kreislaufwirtschaft. Es gibt derzeit kein echtes Bindeglied zwischen der Wertschöpfungskette der Produktherstellung – linker Teil der Grafik (Abb. 6) vom Rohstoffproduzenten bis hin zum Handel – und der Kette am EoL, von der Altproduktsammelstelle bis hin zum finalen Recyclingprozess. Für den Übergang von einer linearen hin zur Kreislaufwirtschaft müssen geeignete Ansätze zur Überwindung des unterbrochenen Zyklus an der Verbraucherschnittstelle ansetzen. Das Streben nach

► Abb. 7 / **Zirkuläre Wirtschaft und Elektromobilität** im Kontext verwandter Themenbereiche.



einer physischen Kreislaufwirtschaft wird nur durch „Business as unusual“ erreichbar sein. Es erfordert neue Formen der Zusammenarbeit zwischen den Akteuren im Produktlebenszyklus unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussfaktoren. Letztlich geht es um die Entwicklung innovativer zirkulärer Geschäftsmodelle, die grundlegende Veränderungen bei Design, Produktion, Nutzung und Recycling von Produkten beinhalten.

Die rasante Entwicklung bei der E-Mobilität mit ihren erheblichen Auswirkungen auf den Rohstoffbedarf macht sie zum idealen Testfall für die Kreislaufwirtschaft. Wichtigster politischer Treiber für die Elektromobilität und andere grüne Technologien ist die Bekämpfung des Klimawandels. Während dies den Verbrauch fossiler Rohstoffe reduzieren soll, erfordert die Umsetzung von Klimaschutzstrategien einen steigenden Einsatz von metallischen Rohstoffen für die Herstellung von Windkraftanlagen, Photovoltaikzellen, Elektromotoren, Batterien, Wasserstoffelektrolysen, Brennstoffzellen etc. Da Gewinnung und Raffination der benötigten Metalle selbst ressourcen- und energieintensiv sein können, gilt es sicherzustellen, dass einer sauberen Nutzungsphase dieser neuen Technologien nicht eine schmutzige und energieintensive Herstellungskette oder Nachnutzungsphase entgegensteht. Ressourceneffizienz entlang der globalen Wertschöpfungskette eines Produkts ist im Hinblick auf Energie- und Rohstoffeinsatz von zentraler Bedeutung. [9]

Es geht um die Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle, die Design, Produktion, Nutzung und Recycling grundlegend verändern.

Rohstoffbezug, Produktdesign, Geschäftsmodelle für die Produktdistribution und -nutzung sowie Reparatur, Wiederverwendung, transparente Abfallströme und Recycling haben dabei eine Schlüsselrolle und sind untereinander verknüpft (Abb. 7). Die Kreislaufwirtschaft kann diese komplexen Zusammenhänge aus einer übergreifenden Systemperspektive angehen, wobei die Systemgrenzen den gesamten Produktlebenszyklus umfassen müssen. Ohne neue Formen des Zusammenspiels der Akteure entlang der Produkt-Wertschöpfungskette ist die Optimierung des Gesamtsystems hin zu mehr Gesamtressourceneffizienz nicht möglich. Bisherige Optimierungsversuche beschränken sich meist auf die Schnittstelle zwischen Lieferant und Kunde. Da aber in den meisten Fällen die Summe der Einzeloptima nicht die des Gesamtsystems ist, wird dieser Ansatz in Zukunft nicht mehr ausreichen.

Bei einer Kreislaufwirtschaft im Sinne des Wortes sind alle Akteure im Produktlebenszyklus gleichzeitig Lieferant und

Kunde. Es kann keinen Upstream und Downstream mehr geben, sondern nur noch einen Roundstream. Eine längerfristig orientierte strategische Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Recyclern mit einer starken Service-Komponente wird somit an Bedeutung gewinnen.

Elektromobilität ist ein ideales Umfeld, um die Kreislaufwirtschaft zu testen und Lösungen für die Praxis zu entwickeln:

Obwohl größere Mengen an Elektrofahrzeugen und Batterien erst nach 2025 verfügbar sein werden, ist es wichtig, bereits heute mit der Entwicklung der Geschäftsmodelle und dem Aufbau der entsprechenden Strukturen zu beginnen. ↩

▶ INFO

LÖSUNGEN FÜR DIE PRAXIS:

- Die sichere und verantwortungsvolle Beschaffung essenzieller Batterierohstoffe wie Kobalt, Nickel, Lithium und Kupfer ist ein Schlüssel für den Erfolg der Elektromobilität.
- Ohne Schließung des Kreislaufs für diese funktionalen Batteriemetalle sind die nachhaltige Rohstoffversorgung und die Umweltvorteile der Elektromobilität gefährdet.
- Effiziente Verfahren zum Recycling dieser Metalle aus Batterien sind bereits vorhanden.
- Ohne Schaffung geeigneter Anreize und Rahmenbedingungen ist die umfassende Erfassung von Elektrofahrzeugen und Batterien sowie deren qualitativ hochwertiges Recycling nicht gewährleistet.
- Für die Bewältigung der Herausforderungen einer nachhaltigen Elektromobilität wird „Business as usual“ nicht ausreichen. Neue Geschäftsmodelle sind erforderlich für die Überwindung systemischer Ineffizienzen, die Wettbewerbsfähigkeit der industriellen Akteure, für Änderungen des Nutzerverhaltens und vor allem für die Reduktion der Klimabelastung durch Mobilität insgesamt. Dazu gehören auch Car-/Mobility-Sharing- und Leasing-Konzepte.
- Solche Mobilitäts-Serviceplattformen erschließen vielfältige Synergien und bieten gegenüber dem traditionellen, individuellen Pkw-Eigentum Vorteile – besonders im Hinblick auf eine zirkuläre Wirtschaft, da sie ein für die Kreislaufschließung schwieriges B2C in ein vorteilhaftes B2B-Umfeld umwandeln. Wechselwirkungen bestehen auch mit neuen Techniken wie dem autonomen Fahren und der Vehicle to Grid-Integration (Lastmanagement des Stromnetzes). Die Digitalisierung und damit alle Arten von elektronischen Geräten werden in diesem Zusammenhang immer wichtiger. Folglich werden diese beiden Anwendungsbereiche für Technologiemetalle zunehmend zusammenwachsen.

Literaturhinweise

- [1] European Commission (EC): Communication from the Commission to the European Parliament, the EU Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy, COM (2015) 614/2, Europäische Kommission, Brüssel, 2015
- [2] Öko Institut: Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität. Synthesepapier zum Rohstoffbedarf für Batterien und Brennstoffzellen. Studie im Auftrag der Agora Verkehrswende, 2017
- [3] Global Battery Alliance: A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030, Genf, Sep 2019
- [4] Grynberg, M.: Closing the critical materials loop for Li-ion batteries. Batterieforum-Konferenz, Berlin, Jan. 2019
- [5] Barazi, A.: Rohstoffrisikobewertung Kobalt. DERA Rohstoffinformation 36, Berlin, 2018
- [6] Hagelüken, C.: Closing the loop – Why recycling is crucial to secure a sustainable metals supply, E-Waste World Conf. & Expo, Frankfurt, Nov. 2019
- [7] Hagelüken, C.: Bedeutung des EU Kreislaufwirtschaftspakets für das Metallrecycling, Chem. Ing. Tech. 2017, 89, No.1-2, S. 17-28
- [8] Adie, G. et al.: Person in the Port project. Assessing import of used electrical and electronic equipment into Nigeria, UNU, Bonn, 2018
- [9] Wellmer, F. W. et al.: Raw Materials for Future Energy Supply, Springer Nature, Heidelberg, 2018



DR. CHRISTIAN HAGELÜKEN

ist Director of EU Government Affairs bei Umicore. Der promovierte Bergbau- und Wirtschaftsingenieur beschäftigt sich seit über 25 Jahren mit nachhaltigem Metallmanagement sowie dem Recycling von Gold und anderen Metallen.

NACHHALTIGKEIT BEI DAIMLER – MEHR ALS EINE TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNG

MAGNUS SCHULZ / MANUEL MICHEL / ANDREAS HINTENNACH

Am Beispiel der Umsetzung des Konzepts von Circular Economy wird deutlich, dass Mobilität vor der Aufgabe steht, sich in einen gesellschaftlichen Wandel zu integrieren, der sich über Branchen, Märkte und Regionen hinweg vollzieht. In diesem systematischen Ansatz ändert sich neben Technologien auch die Organisation.

Bei der Erreichung der UN Sustainable Development Goals (SDG) [3] spielt die Industrie mit ihrer Innovations- und Investitionskraft eine entscheidende Rolle. Nachhaltigkeit bedeutet in diesem Kontext, dauerhaft Werte zu schaffen – sowohl ökonomisch, ökologisch als auch sozial. Die gegenseitige Abhängigkeit der SDGs untereinander und die Verflechtung unterschiedlicher Sektoren führt dazu, dass die Umsetzung auf Grundlage einer reinen Nachhaltigkeitsstrategie nicht länger ausreichend ist. Stattdessen erfordert Nachhaltigkeit im Sinne einer Entwicklung, die „die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ [3] die Integration absoluter Grenzen im Rahmen einer ganzheitlichen, nachhaltigen Geschäftsstrategie. [4] Bei der Mercedes-Benz AG steht diese für ein klares Bekenntnis zum Pariser Klimaabkommen – nicht als Verpflichtung, sondern als Überzeugung. Die Überführung der Vision einer emissionsfreien Mobilität in die Transformation einer CO₂-neutralen Neuwagenflotte wird somit fest in der Strategie des Unternehmens verankert und mit Zielen von innovativen Stadtkonzepten, Infrastrukturausbau und wirtschaftlichem Wachstum verknüpft (Abb. 1).

Die ehrgeizigen Ziele zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens in Deutschland [1] erfordern eine Intensivierung der Anstrengungen für den Klimaschutz im Verkehrssektor. [2]

Neben Klimaschutz und Luftreinhaltung ist Ressourcenschonung ein weiterer elementarer Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität. Bei gleichbleibendem Wachstum der Weltwirtschaft wird sich der weltweite Ressourcenverbrauch laut Aussagen des International Resource Panel der UNEP bis 2050 mehr als verdoppeln. [3] Speziell in der Automobilindustrie verändert sich durch den Ausbau der Elektromobilität der Materialeinsatz deutlich. Eine nachhaltige Mobilität kann somit neben Klimaschutz und Luftreinhaltung nur durch Ressourcenschonung und durch eine Entkopplung vom Wachstum erreicht werden. Konkretes Ziel der Daimler AG ist hierbei, den primären Rohmaterialeinsatz für elektrische Antriebe bis 2030 um 40 % zu verringern. Eine conse-

► Abb. 1 / **Integration der UN Sustainable Development Goals** in den Säulen der nachhaltigen Geschäftsstrategie bei Daimler.



quente Implementierung des Konzepts von Circular Economy beziehungsweise Kreislaufwirtschaft [4] ermöglicht es weiterhin, innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette einen weitestgehend geschlossenen Wertschöpfungskreislauf zu erreichen.

Kreislaufwirtschaft am Beispiel der Batterie eines Elektrofahrzeugs

Der Grundsatz der Kreislaufwirtschaft, den Wert von Produkten, Komponenten und Materialien zu jeder Zeit größtmöglich zu erhalten, [5] ist seit 2015 in die EU-Gesetzgebung aufgenommen. [6] Dabei geben bestehende Prinzipien der Abfallvermeidung eine klare Hierarchie für Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft vor: Vermeidung, Aufarbeitung, Wiederverwendung und Recycling. [7] Diese lässt sich am Beispiel der Batterie nachvollziehen, der mit steigendem Anteil elektrifizierter Antriebe am Automobilmarkt eine Schlüsselrolle zukommt (Abb. 2).

Gemäß dem Grundsatz der Werterhaltung ist das oberste Ziel innerhalb der Kreislaufwirtschaft die Vermeidung von Abfall. In der Praxis findet dies durch Optimierung der Lebensdauer sämtlicher Fahrzeugkomponenten Umsetzung, beispielsweise durch effiziente Ressourcennutzung, die Verringerung des Einsatzes begrenzter verfügbarer Rohstoffe sowie die Auswahl besonders langlebiger Materialien. Erst daraufhin folgen Maßnahmen zur Wiederverwendung verschiedener Komponenten und Bauteile und der Materialrückgewinnung durch Recycling, die im Folgenden näher erläutert werden.

Aufbereitung und erneute Verwendung: Remanufacturing

Während der ersten Nutzungsphase liegt der Fokus darauf, die Batterie durch geeignete Maßnahmen so lange wie möglich für ihren ursprünglichen Zweck zu nutzen, nämlich das Speichern von Energie in mobilen Anwendungen. Remanufacturing bedeutet dabei, gebrauchte Originalteile so aufzubereiten, dass sie in Funktion, Sicherheit und Qualität einem Neuteil entsprechen. Durch optimierte Demontagekonzepte werden funktionsfähige Teile ausgebaut und nach Standards für Neuteile wiederaufbereitet. Dadurch ist der Prozess ressourcenschonend und effizient und leistet damit einen wertvollen Beitrag zur Nachhaltigkeit des Geschäftsmodells. Im Falle der Batterien gelingt es durch Remanufacturing nicht nur, Kosten zu senken, sondern auch die Umwelt im Schnitt mit 95 % weniger Treibhausgasemissionen zu belasten als mit einer Neuproduktion. [8]

▶ INFO

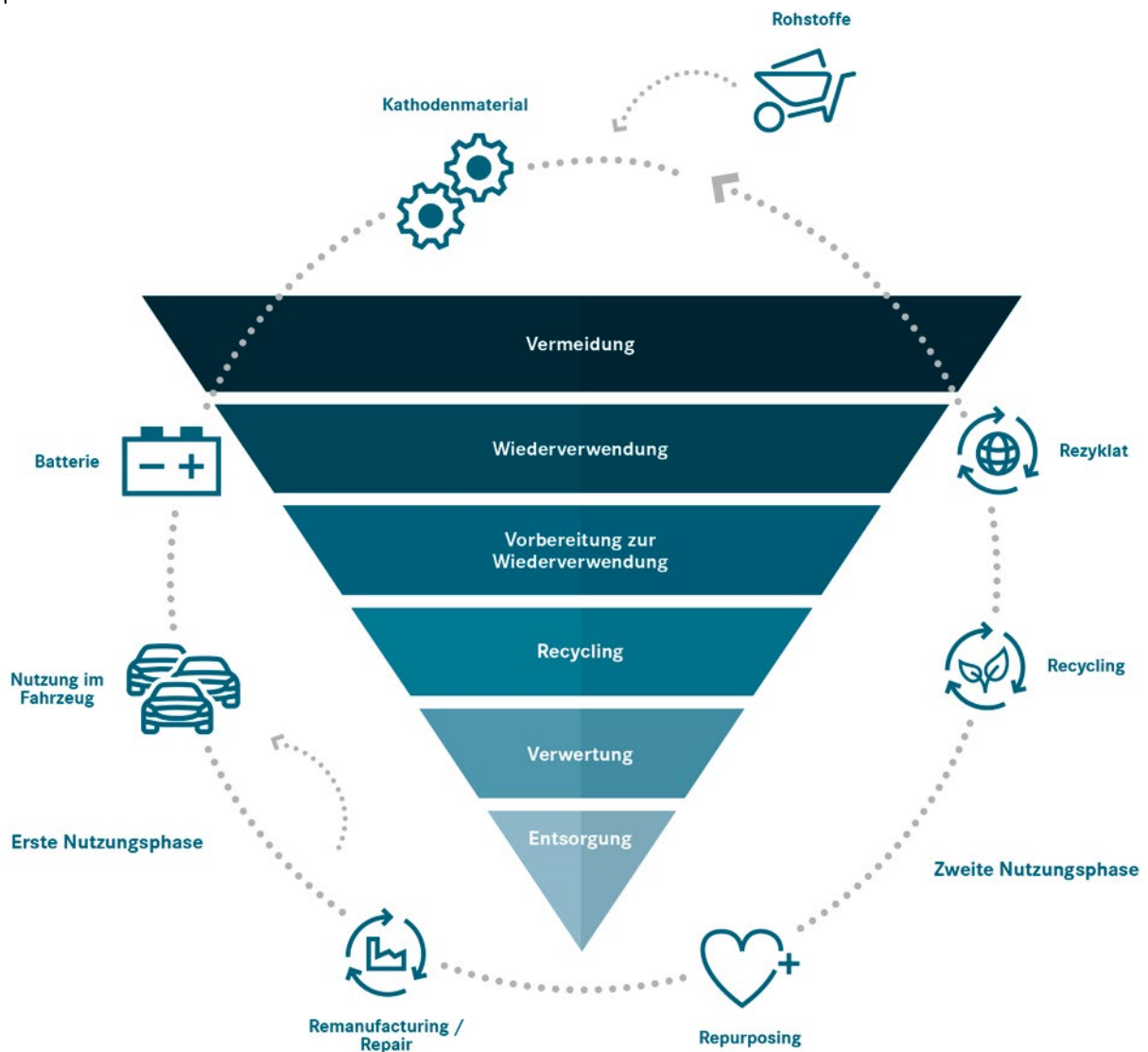
DAS ZWEITE LEBEN: REPURPOSING

Aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit lassen sich Plug-in- oder E-Fahrzeug-Batterien nach dem Einsatz im Fahrzeug als stationäre Batteriespeicher weiterverwenden, um beispielsweise am Energiemarkt Netzdienstleistungen zu erbringen. Durch diese Art der Wiederverwendung im stationären Bereich – wegen des neuen Zwecks auch „Repurposing“ genannt – ist ein wirtschaftlicher Betrieb für schätzungsweise zehn weitere Jahre möglich. Die erfolgreiche Durchführung von Projekten wie dem ersten 2nd-Life-Batteriespeicher im westfälischen Lünen zeigt, dass die Gründung des eigenständigen Tochterunternehmens Mercedes-Benz Energy GmbH eine Voraussetzung für diese Art von Sektor übergreifender Strategie der Kreislaufwirtschaft ist. [9] Das hier gesammelte Know-how wird wiederum in der Batterie-Ersatzteilbevorratung [10] sowie zur Untersuchung von Anwendungsmöglichkeiten stationärer Batteriespeicher innerhalb der eigenen Werke genutzt. Ziel ist dabei, den Umweltvorteil von 2nd-Life-Speichern in Zusammenarbeit mit Netzbetreibern zu nutzen und gleichzeitig Versorgungssicherheit und Energieflexibilisierung der Produktionsanlagen zu gewährleisten. [11]

Recycling und Reduktion des Primärmaterialverbrauchs

Bereits während der Entwicklung eines Fahrzeugs besteht für jedes Fahrzeugmodell ein Recycling-Konzept, in dem alle Bauteile und Werkstoffe auf ihre Eignung für die verschiedenen Stufen des Recycling-Prozesses hin analysiert werden. Dadurch sind alle Mercedes-Benz Pkw-Modelle gemäß ISO 22 628 zu 85 % stofflich recyclingfähig und zu 95 % verwertbar. Im Falle der Batterie ist das stoffliche Recycling der verwendeten Rohstoffe wie Lithium, Nickel, Platin und Kobalt integraler Bestandteil der Betrachtung und beginnt gleichermaßen bereits bei der Konzeption der Bauteile. Beim Batterierecyclingprozess wird gemeinsam mit spezialisierten Partnerunternehmen in der Forschung und Industrie an Methoden zur ökologischen und ökonomischen Wiederverwertung von wertvollen Rohstoffen im Sinne einer Circular Economy gearbeitet. Forschungsprojekte wie AutoBattRec 2020 zeigen, dass sich wertvolle Materialien, Kobalt, Nickel und Lithium im Rahmen der erprobten Aufbereitungsverfahren zurückgewinnen lassen, wodurch sich der Bedarf an primärem Kobalt und Nickel um 65 % und 39 % reduzieren lässt. [12] Gleichzeitig ist die Gewinnung von Rezyklaten in vielen Fällen umweltfreundlicher als die Herstellung neuer Primärmaterialien.

► Abb. 2 / **Geschlossener Kreislauf einer Batterie** entsprechend der Abfallhierarchie.



© Daimler

Innovationen und Einfluss während der Entwicklungsphase auf Zirkularität

Zirkularität beginnt bereits während des Entstehungsprozesses eines Produkts. Da die Herstellung von Fahrzeugen naturgemäß einen hohen Materialeinsatz erfordert, liegt der Schwerpunkt von Forschung und Entwicklung (F & E) darauf, den Bedarf an natürlichen Ressourcen möglichst gering zu halten. Beispielsweise kann chemische Forschung auf Elemente verzichten oder deren Ersatz anstreben, die ökologische oder ökonomische Nachteile unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten aufweisen. Die Etablierung eines zunehmenden Verständnisses des sozio-technischen Wirkungsgefüges [13] rückt den Gedanken

Bereits bei der Entwicklung analysiert ein Recycling-Konzept die Eignung aller Bauteile und Werkstoffe für die verschiedenen Stufen des Recycling-Prozesses.

der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz des Produkts für den Kunden bereits an den unmittelbaren Anfang von F&E-Prozessen. [14] In den Zulieferketten setzt sich die Strategie analog fort. Hierzu gehören vor allem umwelt- und sozialverträglicher Abbau von Rohstoffen, aber auch umweltschonend-



► Abb. 3 / Vision EQS als Wegweiser einer nachhaltigen Zukunft.

de Produktions- und Verfahrenstechniken wie die Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen pro kWh Batterie um 42 % durch den Einsatz von erneuerbaren Energien in der Zell-Produktion. [15]

So können Produkte bereits bei Markteintritt über Ersatzstoffe oder -prozesse mit signifikant verbesserter Nachhaltigkeit verfügen (Abb. 3). Zudem können über gezieltes Ausnutzen spezieller Stoffeigenschaften Lebensdauern erhöht und/oder später erfolgende Recycling-Prozesse erleichtert werden. Beispielsweise vermeidet der Einsatz von Mono- statt Mischoxiden in den Kathodenmaterialien (eine der beiden für die Energiespeicherung verantwortlichen Elektroden einer Lithium-Ionen-Batterie) einen im Recyclingfall sonst anfallenden Trennungsvorgang, wodurch die Rückgewinnung effizienter und gleichzeitig energiesparender gestaltet wird. [16] Ähnlich wird bei der Berücksichtigung von Demontage und Wiederverwendung verfahren. Die Vermeidung beziehungsweise die hochwertige Weiterverwendung von Abfallprodukten wird auch als Atomic Efficiency oder Atom Economy bezeichnet. [17]

Insgesamt stellt sich Grundlagenforschung als eine der tragenden Säulen des Innovationsmechanismus dar. Erst das grundlegende Verständnis von Stoffeigenschaften, Abhängigkeiten, Wirkungsketten, aber auch Bewertungskompetenz ermöglichen eine ganzheitliche Bewertung. Im Sinne der Ressourcensteuerung stellt sie eine konstante und von Herausforderungen der Serienfertigung wenig beeinflusste Möglichkeit dar, gesellschaftlich wie technisch relevante Entwicklungen aufnehmen und nutzen zu können. [18]

Neue Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft an die Organisation

Die Erfahrung zeigt, dass sich Organisationen bei der Implementierung von Kreislaufwirtschaft mit einigen typischen Problemstellungen konfrontiert sehen. Dazu zählen unter anderem zeitliches und kausales Spartendenken, die kulturelle Akzeptanz von Abfall als Ressourcen sowie intra- und interorganisatorische Zusammenarbeit. [19] Letztes betrifft insbe-

Grundlagenforschung ist eine der tragenden Säulen des Innovationsmechanismus.

sondere Hersteller, die sich gemäß dem Prinzip der Extended Producer Responsibility (EPR) dazu verpflichten, die Verantwortung und Kosten der Rückgewinnung ihrer Produkte aus den Märkten bis zu deren Verwertung zu übernehmen und dadurch Nutzer und Märkte zu entlasten. [20] Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern innerhalb der Wertschöpfungskette ist dabei unabdingbar.

Eine besondere Bedeutung kommt außerdem der Betrachtung des möglichen Rebound-Effekts zu. [21] Dieser beschreibt den Umstand, dass Effizienzmaßnahmen zwar zu punktuellen Einsparungen führen, jedoch an anderen Stellen zusätzliche Verbräuche und damit insgesamt einen absoluten Mehrverbrauch verursachen. Der Effekt ist damit verwandt mit dem Verschieben von Problemen entlang der Wertschöpfungskette (sogenanntes Burden Shifting). Letzteres wird insbesondere deutlich anhand des Zusammenhangs zwischen der ökologischen Effizienz der Batterie und der Bereitstellung von Energie während deren Herstellung, Nutzung und Entsorgung. Die Abhängigkeit elektrischer Produkte vom Umbau der Energiesektoren (Energiewende, aber auch Sektorenkopplung) kann beispielsweise dazu führen, dass selbst effiziente Produkte zu Problemen in der Energieversorgung führen, sofern sie nicht gleichzeitig über die nötige Flexibilität verfügen.

Diese Vorgänge zu vermeiden erfordert ein grundlegendes Verständnis der Stoffe (Materialien), der Vorgänge (Wirkungsketten) und der Verknüpfung ökonomischer, ökologischer wie auch politischer Prozesse. [22] Aus operativer Sicht sind daher entsprechende Analyse-Methoden oftmals mit hoher Komplexität verbunden. Folglich ist die Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden wie der Materialflussanalyse und der Ökobilanzierung sowie die Einführung eines transparenten Kennzahlensystems für Zirkularität eine wesentliche Voraussetzung für deren Umsetzung. [23]

Zur Steuerung und Optimierung dieser Kennzahlen spielt zuletzt die Datenverfügbarkeit ebenfalls eine entscheidende Rolle. Dazu sind IT-Systeme erforderlich, die beispielsweise im Falle der Batterie die Daten der Herstellung erfassen und eine Rückverfolgung ermöglichen. Reale Zustandsdaten ermöglichen

es im Einzelfall, die optimale Strategie im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu ermitteln, während die Kombination mit digitalen Geschäftsmodellen die gemeinsame Vermarktung von Produkten und Services als Schlüsselstrategie zur Umsetzung von Zirkularität befähigt. [24]

Fazit: Kreislaufwirtschaft erfordert einen systematischen Wandel

Insgesamt zeigt sich, dass die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der Praxis ausschließlich als systematischer Ansatz möglich ist. Zu den identifizierten Grundvoraussetzungen gehört es, Kreislaufwirtschaft als integralen Teil einer nachhaltigen Geschäftsstrategie zu verstehen. Des Weiteren ist die Kombination verschiedener Maßnahmen entsprechend des Grundsatzes der Werterhaltung ebenso essenziell wie die Technologie- und Innovationskultur eines Unternehmens. Die Vorteile und Herausforderungen der jeweiligen Strategien können dabei bereits in der frühen Entwicklungsphase berücksichtigt werden. Die Erfahrung innerhalb der Organisation zeigt außerdem, dass interne und externe Zusammenarbeit, eine geeignete Organisationsstruktur sowie methodische Entwicklung und Kennzahlensysteme zur Steuerung die Grundlage für zirkuläre Geschäftsmodelle bilden. Erst dadurch wird Kreislaufwirtschaft zu einem Treiber für nachhaltige Entwicklung, die in allen Bereichen Einzug findet. Aus kultureller Sicht sollte Kreislaufwirtschaft daher als Chance aufgefasst werden, sich als Unternehmen ganzheitlich weiterzuentwickeln. ↗

Literaturhinweise

- [1] BMU: Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin, 2016
- [2] Bergk F.; Knörr, W.; Lambrecht, U: Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen, Umweltbundesamt, 2017
- [3] IRP: Assessing global resource use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction, A Report by the International Resource Panel. United Nations Environment, Nairobi, Kenya, 2017
- [4] Geissdoerfer, M.; Savaget, P.; Bocken, N.; Hultink, E.: The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, J Cleaner Product, pp. 143: 757-768, 2017
- [5] Ellen MacArthur Foundation: Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition, Greener Manag. Int., p. p. 20, 2015.
- [6] European Commission: Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy, Brussels, 2015

- [7] European Commission: Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste, Off. J. Eur. Union, no. 1907, p. pp. 109-140, 2018
- [8] Mercedes-Benz Cars: Nachhaltigkeitsbericht 2014, S.13 ff.
- [9] Mercedes-Benz AG: Daimler Media, Kommunikation Future Powertrain & e-Mobility, [Online]. Available: <https://media.daimler.com/mars-MediaSite/de/instance/ko/Weltweit-groesster-2nd-Use-Batteriespeicher-geht-ans-Netz.xhtml?oid=13634457>. Letzter Aufruf 15.11.2019
- [10] Mercedes-Benz A: Daimler Media, [Online]. Available: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Daimler-und-enercity-nehmen-Batterie-Ersatzteillager-fuer-Elektrofahrzeuge-ans-Netz.xhtml?oid=29974519>. Letzter Aufruf 15.11.2019
- [11] Fischhaber, S. H.; Regett A.; Schuster, S. F.; Hesse: Studie: Second-Life-Konzepte für Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen, Begleit. und Wirkungsforsch. Schaufenster Elektromobilität, Februar 2019.
- [12] Regett, A.; Wagner, U.; Mauch, W.; Bangoj, J.: Environmental Impact of Electric Vehicles: Potential of the Circular Economy?, Der Antrieb von morgen, , pp. Springer Vieweg, Wiesbaden; pp. 121-140, 2019
- [13] V. H.: Der strategische Abakus, München, Droemersch Verlag, 1984, pp. 113-130
- [14] Womack, J.; Jones, D.: Lean Solutions: How Companies and Customer Can Create Wealth Together, B&T, 2005, pp. 100-150
- [15] Regett, A. et al.: Klimabilanz von Elektrofahrzeugen – Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., München, 2018
- [16] Georgescu-Roegen, N.: The Entropy Law and the Economic Process, Harvard Univ. Press., pp. 90-165, 2014
- [17] Trost, B.: Atom Economy. A Challenge for Organic Synthesis, Angew Chem Int, pp. 239-281, Ed 1995
- [18] Schauz, D.: What is Basic Research? Insights from Historical Semantics; 273-328, Minerva, 2014
- [19] Korhonen J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J.: Circular Economy: The Concept and its Limitations, Ecol. Econ., vol. 143, p. pp. 37-46, 2018
- [20] OECD: Extended producer responsibility – Updated guidance for efficient waste management, 2016
- [21] Madlener, R.; Alcott B.: Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Natur, Verbrauch- und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen, Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, 2011
- [22] Weber, T.; Stuchtey M.: Deutschland auf dem Weg zur Circular Economy – Erkenntnisse aus europäischen Strategien, Acatech, München, 2019
- [23] Haas, W.; Krausmann, F.; Wiedenhofer, D.; Heinz, M.: How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production,

and Recycling in the European Union and the World in 2005, Journal of Industrial Ecology, pp. 765-777, 2015

- [24] M. de Wit et al.: The Circularity Gap Report 2019 – Closing the Circularity Gap in a 9 % World, Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE), 2019



MAGNUS SCHULZ

ist seit 2018 als Doktorand bei der Daimler AG, Sindelfingen und untersucht Aspekte der Kreislaufwirtschaft anhand der Nutzung von 2nd-Life-Speichern im Produktionsbereich.



MANUEL MICHEL

ist seit 2005 in verschiedenen Positionen in der Daimler AG, Sindelfingen beschäftigt. Zurzeit verantwortet er das Projekt Circular Economy Battery.



ANDREAS HINTENNACH

ist seit 2011 bei der Daimler AG, Sindelfingen und für die Batterieforschung verantwortlich.

DREI FRAGEN AN: MARKUS SCHÄFER

Markus Schäfer, Mitglied des Vorstands der Daimler AG und Mercedes-Benz AG, verantwortlich für Konzernforschung und Mercedes-Benz Cars Entwicklung, Einkauf und Lieferantenqualität und Chief Operating Officer.

► **Herr Schäfer, Sie leiten seit einigen Monaten die R&D-Organisation der Mercedes-Benz AG. Ein Bereich voller Innovationen und Möglichkeiten, aber auch großen Herausforderungen. Welchen Stellenwert hat Nachhaltigkeit im Bereich Forschung und Entwicklung?**

Nachhaltigkeit ist eine ganz wesentliche Säule in unserer Unternehmensstrategie. Wir haben das Thema auch konkret in unserem Zielsystem verankert – allem voran auch in meinem Vorstandsressort „Forschung und Entwicklung, Beschaffung und Lieferantenqualität“. Dabei ist es mein Anspruch, mein Team zu ermutigen, gemeinsam mit mir alle zentralen Entscheidungen auf einen ganzheitlichen, nachhaltigen Produktlebenszyklus abzustimmen. Unser Ziel ist, Produkte zu entwickeln, die in ihrem Marktsegment besonders umweltverträglich sind. Wir schauen uns dabei die Umweltwirkungen in einer 360°-Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs an. Nur so erhalten wir ein realistisches Bild, zum Beispiel über den CO₂- und Ressourcen-Fußabdruck.

Wir arbeiten zudem intensiv daran, den ökologischen Fußabdruck unserer Fahrzeuge weiter zu verbessern. Bereits heute sind alle Mercedes-Benz Pkw-Modelle zu 85 % stofflich recyclingfähig und zu 95 % verwertbar. Und bis 2030 soll allein der Einsatz primärer Ressourcen im Bereich des Antriebsstrangs und der Batterietechnik um 40 % reduziert werden. Wir bewegen uns hier also sukzessive weg von einer Wertschöpfungskette hin zu einem Wertschöpfungskreislauf.

► **Warum gehen Sie mit der Mercedes-Benz AG diesen Weg? Lohnt es sich überhaupt, ein solches Konzept zu etablieren?**

Ja, denn Nachhaltigkeit ist für uns keine Frage von Kosten, sondern eine gesamtunternehmerische Entscheidung. Wir sichern damit die Zukunftsfähigkeit unseres Geschäftsmodells – ökonomisch



und ökologisch. Und eines ist klar: Es nicht zu tun, würde uns mehr kosten.

► **Apropos Kosten: Die Automobilindustrie steckt in einem strukturellen Wandel, der Milliardeninvestitionen erfordert, beispielsweise in die Elektromobilität. Ist das Ziel, ein CO₂-freies Unternehmen zu werden, vor dem Hintergrund haltbar?**

Die CO₂-neutrale Mobilität wird uns zweifellos in der Umsetzung intensiv fordern. Wir stehen zu unserer sozialen, ökologischen und ökonomischen Verantwortung. Es steht außer Frage, dass der Weg in Richtung CO₂-freies Unternehmen und langfristiger wirtschaftlicher Erfolg Hand in Hand gehen. Deshalb verfolgen wir eine nachhaltige Unternehmensstrategie und sind überzeugt von den dafür notwendigen Investitionen in die Zukunft. Denn nur mit einer starken Bilanz können wir nachhaltig in unsere Zukunft, unsere Produkte, unsere Innovationsstärke und vor allem unsere Mitarbeiter investieren. Dazu bedarf es einer gesunden Balance unterschiedlichster Komponenten: gesetzliche Rahmenbedingungen, Investitionslenkung und nicht zuletzt das, was wir am besten können – die Technologieentwicklung. und

REMONDIS – ZENTRUM DES INDUSTRIELLEN RECYCLINGS

FABIAN HOBERG

Lünen – leise rieselt der Kunststoff auf den Boden. Leichtere Teilchen schweben in der Luft. Fluffig und locker. Und so gar nicht wie ein Kühlschrank. Doch was aus diesem Schredder rieselt, war mal genau das: ein Kühlschrank. Mit einer neuen Anlage zum Recyceln von Kühlgeräten bringt Remondis im Lippewerk in Lünen nun Kühlschränke zum Schweben.



► In den 1980er-Jahren war das Lippewerk in Lünen noch ein Aluminiumwerk. Heute **produziert Remondis** hier hochwertige **Recyclingstoffe**.

Damit die Kühlschränke aber in diesen ungewöhnlichen Zustand gelangen, bereiten Mitarbeiter sie aufwendig vor. Sie entkernen die Geräte, lassen die Kühlflüssigkeit ab, demontieren Kompressor und Schubladen. Anschließend packt ein Kran die Gehäuse in einen Schredder und zerkleinert sie. Ein Magnet trennt Metall von Kunststoff und übrig bleiben verschiedene Kunststoffsorten. Eine neue Feinsortieranlage für gemischte Kunststoffe trennt sortenrein zwischen Polystyrol, bekannt unter dem Markennamen Styropor, Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und Polyolefin (PO). Das neue Verfahren basiert auf einer zweistufigen Dichtentrennung mit anschließender Trennung mittels Nah-Infrarot. Hightech im Abfallbereich. Der Kunststoff aus Isoliermaterial von Kühlgeräten und Verpackungen wird weiter gereinigt und am Ende zu feinem und hochqualitativem Granulat verarbeitet. Rund 10.000 t des Materials entstehen pro Jahr für die Wiederverwendung sowie neue Produkte für Kunststoffcompounds. Ein guter Weg in Richtung eines hundertprozentigen Kunststoffrecyclings. Und ein langer Weg von Remondis.

War das Lippewerk in den 1980er-Jahren noch ein Aluminiumwerk, gewinnt Remondis hier heute verschiedene Werk-

► Rund 1.600 Mitarbeiter arbeiten am **Hauptstandort Lippewerk**, weltweit sind es rund 36.000 Mitarbeiter.





► Mit dem Aufbereitungsprozess für Kühlgeräte schließt **Remondis** nicht nur eine weitere Lücke, sondern baut auch ideal auf die **bestehende Infrastruktur im Lippewerk** auf.

Aus alten Kühlschränken wird hochwertiges Granulat.
Rund 10.000 t entstehen pro Jahr für die Wiederverwendung.

stoffe zurück und stellt hochwertige Recyclingrohstoffe her. Remondis SE & Co. KG in Lünen ist das größte Unternehmen in Deutschland für Recycling, Wasserwirtschaft sowie kommunale und industrielle Dienstleistungen. Außerdem ist es das größte Zentrum für industrielles Recycling. Rund 1.600 Mitarbeiter arbeiten am Hauptstandort Lippewerk in Lünen, weltweit sind es rund 36.000 Mitarbeiter. Allein 542 Standorte betreibt Remondis in Deutschland.

Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Recyceln von Rohstoffen, Remondis sammelt aber auch in öffentlich-privaten Partnerschaften (ÖPP) mit seinen rund 8.000 Nutzfahrzeugen für die Kreislaufwirtschaft Hausmüll in 70 deutschen Städten und Kommunen ein. „Unser Ziel ist es, möglichst viele Stoffe in den Kreislauf zurückzuführen, damit langfristig natürlich Ressourcen zu schützen und die Abhängigkeit zu Rohstoffimporteuren zu verringern“, sagt Herwart Wilms, Geschäftsführer bei Remondis. Die weltweiten Kunden kommen aus der Industrie, die Werkstoffe abkaufen und zu neuen Produkten weiterverarbeiten.

Die Mengen sind gewaltig. Pro Jahr verarbeiten die Mitarbeiter allein rund 300.000 t Gips aus Kraftwerken aus der Region – der größte Posten in der Anlage. Im ersten Schritt wird

der Gips von Störstoffen befreit, angemischt und im Hochofen verbrannt. Die gebrannte Masse wird anschließend gemahlen und somit zu Bindemittel für die Bauindustrie aufbereitet. Daraus entsteht unter anderem Ausgleichsmasse für den Bau. Ein bis sieben Tage dauert der Prozess für die Gipsverarbeitung im Lippewerk, von der Anlieferung, Eingangsprüfung und Produktion bis zum Versand.

Insgesamt zehn Anlagen verarbeiten im 230 ha großen Lippewerk Reststoffe zu Recyclingrohstoffen und neuen Produkten, zum Teil im Drei-Schicht-Betrieb. Für jede Materialgruppe hat sich bei Remondis ein Spezialbereich entwickelt, zum Beispiel die Gesellschaft TSR für Schrott oder Remondis Recycling für Glas, Papier und Kunststoff. Neben Kunststoff, Elektrogeräten und Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen zählen dazu tierisches Risikomaterial, Chemikalien, Holz, auch Kunststoff, Elektrogeräte, nicht fossile Brennstoffe, Kompost, Wasser und medizinische Abfälle. Bis zu 800 Lkw fahren täglich ins Recycling-Werk, um Reststoffe aus der Industrie anzuliefern oder fertige Produkte abzuholen. Von den 1,4 Mio. t Reststoffe aus der Industrie bereiten die Mitarbeiter 0,9 Mio. t in wiederverwertbare Produkte auf, darunter auch neuentwickelte Produkte wie Remexit für den Straßenbau, Alumin für die



► Durch die **Fraktionsseparation** werden die Bestandteile (Eisen, Nichteisen, Kunststoff) der ehemaligen Elektrokleingeräte sicher getrennt.

© Remondis



DIE ZUKUNFT DER NACHHALTIGEN MOBILITÄT

AVL ENERGY CONSULTING

In einer Zeit geprägt von rapidem technischen Fortschritt und globalem digitalen Wandel stehen wir vor besonderen Herausforderungen. Welche Energiequellen stehen zukünftig zur Verfügung? Welche Technologie wird unsere Mobilität der Zukunft prägen?

IHRE VORTEILE

- Vollständiges und objektives Bild aller vorhandenen und potentiellen Energieszenarien
- Unterstützung bei der Erstellung zukünftiger Technologie-Roadmaps
- Unabhängige und qualifizierte Lösungspakete an der Schnittstelle von Mobilität und Energie
- Analyse von Markttrends, Energieversorgern und Portfoliostrategien
- Beschreibung regionaler Emissionsminderungsstrategien und globaler Energie-Roadmaps



► Das Ergebnis von **Demontage und Zerkleinerung** wird von den Mitarbeitern überprüft.



► **Maschinen schreddern verschiedene Kunststoffe**, waschen und mahlen sie. Das Mahlgut schmilzt in einem Ofen und wird anschließend zu **Granulat** weiterverarbeitet.

Wasseraufbereitung oder Casablanca für Fassadenanstrich. Das eigentliche Highlight des Werks ist mit dem bloßen Auge nicht sichtbar: Durch die Recyclingleistungen werden pro Jahr bis zu 488.000 t CO₂ eingespart. Der Rest wird im eigenen Wirbelschichtkraftwerk verbrannt und die Energie für die Anlage benutzt. Nur ein geringer Teil, zum Beispiel unrecyclbare Schlacke oder Asche aus dem Kraftwerk, landet auf der eigenen Deponie. 180.000 MWh produziert die Anlage jährlich, überschüssigen Strom speist Remondis ins externe Netz ein.

Im Gegensatz zu anderen Kompostwerken nutzt Remondis in Lünen ein neues Kompost-Verfahren. Statt auf einfaches und langsames Verrotten auf einem Komposthaufen setzt das Unternehmen auf eine neue Art der Energiegewinnung. Dank einer Vergärungsanlage lässt sich aus energiereichen Bioabfällen Methan gewinnen. Dazu vermischt ein Fermenter mehrere Tage den Biohausmüll in einem geschlossenen Gehäuse und entlockt dem Abfall Methan, der sich im oberen Drittel des Behälters sammelt. Eine Absauganlage führt das Methan in eine Verbrennungsanlage, die wiederum eine Turbine antreibt. Den gewonnenen Strom speist Remondis ins örtliche Stromnetz ein. Zwei Turbinen mit einer Leistung von jeweils 550 kW und eine Turbine mit 250 kW verarbeiten rund 20.000 t Biokompost pro Jahr. Nur energieärmerer Grünschnitt aus dem Garten kommt in die Tunnelrotte und wird zu Kompost verarbeitet –

Aus 400 t Abfall täglich entsteht umweltfreundlicher Strom.

oder zerkleinert, um später als Erde oder Rindenmulch für den Garten- und Landschaftsbau wiederverwendet zu werden. Aus dem Biofilter dampft es unentwegt wie Nebel im Morgengrauen.

In einer Halle separiert eine Kunststoff-Sortieranlage Stoffe und schmilzt die Materialien anschließend ein. Maschinen schreddern Kunststoffe, waschen und mahlen sie. Das Mahlgut schmilzt in einem Ofen und wird anschließend zu Granulat weiterverarbeitet. Das graue Kunststoffprodukt lässt sich hinterher in allen möglichen Farben einfärben und als Granulat für die Weiterverarbeitung herstellen.

„Werkstoffe nehmen immer mehr zu, da die Verpackungen zunehmen. Darauf stellen wir uns ein und entwickeln immer neue Ideen und Maschinen für neue Verfahren“, sagt Wilms. So besteht eine moderne Käseverpackung häufig aus vier bis fünf unterschiedlichen Kunststoffen, die nur sehr schwer voneinander zu trennen sind. Auch Joghurtbecher aus PPE mit einem Aludeckel und einem Papiermantel um die dünne Kunststoffhülle stellt die Verwerter vor Herausforderungen. Nur wenn sich




► Zum Recycling zählt auch das Sortieren und **Zerlegen von Elektrokleingeräten**. Der Elektroschrott wird gesammelt, geschreddert und anschließend sortiert.



► In der **Biogutbehandlungsanlage** gewinnt Remondis **Kompost und Energie**. Zum Teil findet der Kompost später als Erde oder Rindenmulch für den Garten- und Landschaftsbau wieder Einsatz.

die Materialien sauber voneinander trennen lassen, kann der Becher vollständig recycelt werden. In Zukunft will Remondis vermehrt Lithium-Ionen-Batterien und Autobatterien recyceln. Eine Aufgabe, die kompliziert wird.

Einfacher lässt sich Holz in Strom umwandeln. Aus nicht behandeltem Holz der Klasse A1, zum Beispiel von Europaletten, entstehen Hackschnitze für Spanplatten, aus Sperrmüll wird Brennstoff für ein Biomassekraftwerk. 400 t verbrennt die Anlage davon täglich – für umweltfreundlichen Strom. Tierisches Risikomaterial, Schlachtabfälle und gefallene Tiere aus der Landwirtschaft werden zerkleinert und mittels Druckbarsterilisationsverfahren bei 3 bar und 133°C 20 min lang verkocht. Das Fett scheidet sich ab, fließt über eine Pipeline in eine weitere Anlage und kann zu Biodiesel verarbeitet werden. Die Biodiesel-Anlage produziert rund 55.000 t Sprit pro Jahr für den Export – und treibt dort viele Autos an.

Selbst Klärschlamm und Restabfälle aus der Medizin oder Landwirtschaft wandelt Remondis in Energie um. Im Wirbelschichtkraftwerk verbrennt Unrat und produziert damit 180.000 MWh pro Jahr – ausreichend Strom für bis zu 45.000 Haushalte mit vier Mitgliedern. Insgesamt 336.900 MWh Energie produziert das Lippewerk jährlich. Genug Strom, um viele Kühlschränke zu versorgen. Solche, die nicht schweben, sondern nur kühlen. 



FABIAN HOBERG

Autor Fabian Hoberg ist freier Journalist und schreibt seit 20 Jahren über Technik- und Mobilitätsthemen.

WERTSTOFFRÜCKGEWINNUNG DURCH LASERBASIERTE METALLSORTIERANLAGEN

PHILIPP SOEST / EDWIN BÜCHTER

Von der Automobil- und Luftfahrtindustrie bis hin zur Müllverbrennungsanlage – Metallschrott fällt in großen Mengen an. Millionen Tonnen an Metallresten können nicht recycelt werden. Laserbasierte Sortieranlagen ermöglichen die direkte Kreislaufführung von metallischen Wertstoffen mit hohen Durchsatzraten.

Moderne metallische Hochleistungswerkstoffe zeichnen sich durch exakt aufeinander abgestimmte Legierungsanteile aus. Um den Anteil an Recyclingmaterial, den sogenannten Recycled Content bei diesen Werkstoffen steigern zu können, muss zunächst die Legierungszusammensetzung des eingesetzten Schrotts ermittelt werden. Mithilfe der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (LIBS) lässt sich der charakteristische Fingerabdruck des Materials schnell und zuverlässig ermitteln. Dabei wird ein hochintensiver Laserstrahl auf die Oberfläche fokussiert, sodass eine kleine Menge des oberflächennahen Metalls verdampft. Bei der Verdampfung entsteht ein Plasmaleuchten, das mit seinem charakteristischen Spektrum die Konzentrationsverteilung der Legierungsbestandteile signalisiert.

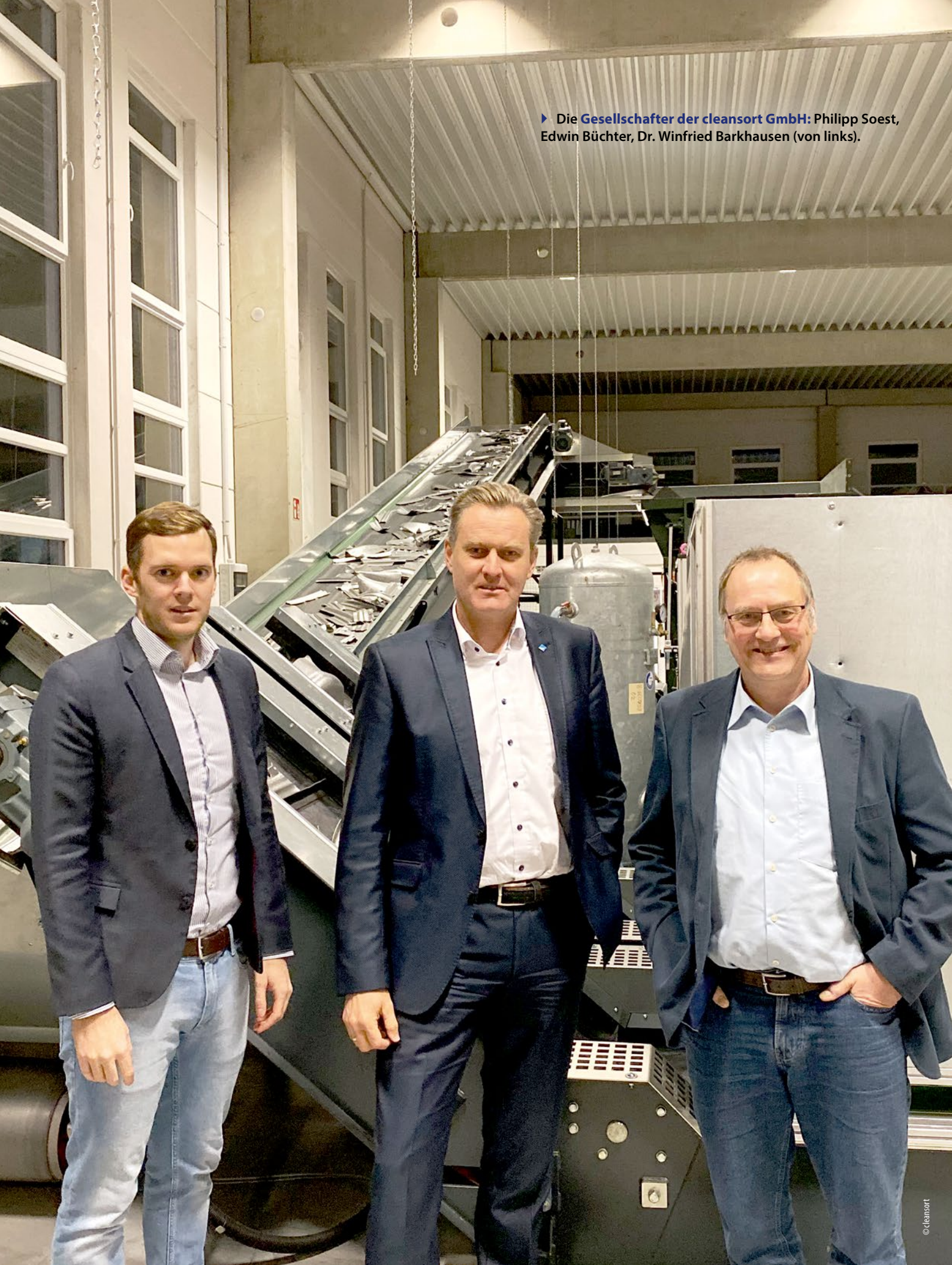
Durch die Auswertung dieses Spektrums ist es möglich, die exakte Legierung eines Metalls zu erkennen und so nicht nur zwischen verschiedenen Metallen wie Stahl oder Kupfer zu unterscheiden, sondern auch innerhalb von Legierungsklassen genau und eindeutig Aluminium der 5000er Legierungsgruppe von Aluminium der 6000er Legierungsgruppen zu unterscheiden.

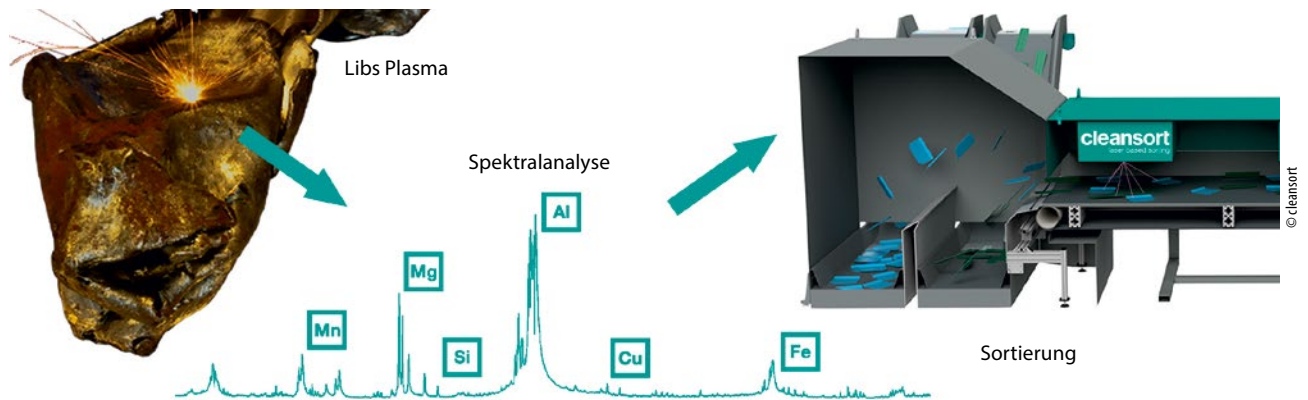
Die durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Entwicklung der cleansort GmbH ermöglicht eine laserbasierte Echtzeitanalyse von oberflächenbelasteten Schrotten und setzt damit neue Maßstäbe im Wertstoffrecycling.

Selbst die Differenzierung zwischen einer 6010er Aluminiumlegierung und einer 6016er Legierung ist prinzipiell mit dem LIBS-Verfahren möglich.

In der Praxis ist die Präzision der LIBS-Analyse stark von der Oberfläche des Materials abhängig. Reale Schrotte und Metallteile weisen oftmals Beschichtungen und Steigerungsschichten oder starke Oxidationen sowie andere Verschmut-

► Die **Gesellschafter der cleansort GmbH**: Philipp Soest, Edwin Büchter, Dr. Winfried Barkhausen (von links).





► Abb. 1 / **Das cleansort-Verfahren:** von der Materialanalyse zur Sortierung mittels laserinduzierter Plasmaspektroskopie.

zungen auf. Diese sind durch den Produktionsprozess und die Nutzung entstanden und verhindern meist die Anwendbarkeit des LIBS-Verfahrens. Um qualitativ verlässliche Messergebnisse zu erzielen, ist es daher häufig notwendig, dass die Oberflächen gründlich gereinigt oder sogar teilweise entschichtet werden, um „im Inneren“ des Materials die Legierungsbestandteile zu ermitteln. Diese Entschichtung war bisher nur mechanisch und nicht automatisiert möglich. Sie führte zu relativ langen Messdauern, die in der Regel sequentiell oder sogar händisch ausgeführt wurden.

Was leistet das neuentwickelte Verfahren?

Das Verfahren kombiniert die Laserablation mit der LIBS, um metallische Schrotte in einem Schritt punktuell zu reinigen und qualitativ hochwertig zu analysieren. Die kurzen Messzeiten und die quasi parallele Bearbeitung von Teilen auf einer Breite von über 1 m ermöglichen mittels Luft-Impuls-Technik das Sortieren großer Massenströme nach dessen Legierungsgehalten und damit eine direkte Kreislaufführung von Wertstoffen.

Dabei reinigt zunächst ein Hochleistungslaser eine kleine Fläche auf der Oberfläche eines Schrottstücks, um im zweiten Teilprozess mit demselben Laser auf der zuvor gereinigten und entschichteten Fläche eine LIBS durchzuführen. Der komplette Vorgang erfolgt „On-the-fly“, also im kontinuierlichen Durchlauf mittels eines Transportbands. Durch die im cleansort-Modul verbaute 3-D-Scannertechnik ist es dabei möglich, nicht nur dem Bauteil mit dem Laserstrahl zu folgen, sondern neben-

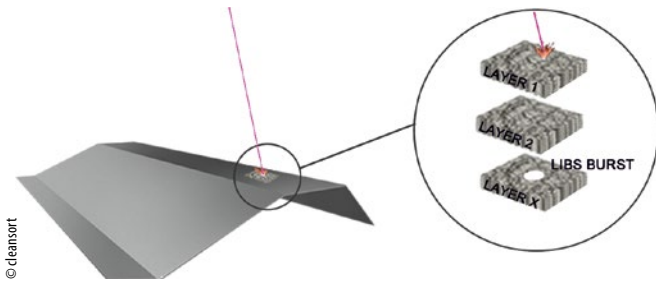


► Abb. 2 / **cleansort-Messmodul:** ermöglicht die quantitative Bestimmung von Legierungsgehalten in wenigen m/s.

einanderliegende Bauteile mit unterschiedlichen Höhen zu bearbeiten.

Metallischen Alt- und Neuschrotte können in nahezu beliebigen Größenklassen (ab circa 25 mm bis 800 mm Kantenlänge) aus einem Bunker zugeführt werden. Die Förder- und Vereinzelungstechnik sorgt für eine Übergabe auf das Transportband, auf dem die Teile mit einer Breite von bis zu 2 m gleichmäßig, möglichst ohne Überlappung verteilt und auf eine Transportgeschwindigkeit von bis zu 3 m/s beschleunigt werden.

Im weiteren Verlauf vermessen schnelle Laserscanner die vereinzelt Schrottstücke hinsichtlich ihrer Geometrie. Diese Messung ist wichtig, um den Massenschwerpunkt für die spätere Sortierung des jeweiligen Teils zu ermitteln, und dient gleichzeitig dazu, eine möglichst ebene Fläche auf dem Schrottteil für die Entschichtung und LIBS-Messung zu bestimmen.



► Abb. 3 / **Das Messprinzip:** „On-the-fly“-Reinigung einer Fläche ggf. mehrmals zum Abtrag der Oberflächenbeschichtungen.



► Abb. 4 / **Vollautomatisierte cleansort-Sortieranlage** im Applikationscenter in Rösrath.

Im Anschluss an die schnelle Objekterkennung folgt wenig später die Laserbearbeitung mit dem cleansort-Modul. Die Reinigung und Messung des exakten Fingerabdrucks erfolgen zum Beispiel bei unlackiertem Aluminium innerhalb von nur 6 ms und die Erfolgsrate der Messung beträgt trotz dieser sehr kurzen Dauer über 99 %. Somit können innerhalb eines Wimpernschlags fast 20 LIBS-Messungen mit dem System durchgeführt werden. Dabei legen die Bauteile bei jeder Entschichtung und Messung nur eine Strecke von etwa 20 mm zurück. Die enorm kurzen Bearbeitungszeiten ermöglichen somit die parallele Bearbeitung mehrerer nebeneinanderliegender Teile oder auch den Abtrag von dickeren Lackschichten oder anderen relevanten Beschichtungen für die Messung.

Innerhalb der etwa fünfjährigen Entwicklungszeit der Technologie konnte das System somit zur wirtschaftlichen Marktreife gebracht werden.

Wirtschaftlicher Nutzen

Das neue Verfahren arbeitet mit hohen Produktivitätsraten und ist damit sowohl ressourcenschonend als auch wirtschaftlich.

Die Anlage kann frei konfiguriert werden: Angefangen bei einer Förderbandbreite von 400 mm, einem Messsystem bis hin zu einer Förderbandbreite von 2.000 mm und acht Messsystemen lässt sich die Anlage auf die spezifischen Schrotte anpassen. Bei der in Rösrath aufgebauten Anlage wurde zudem ein Rundlauf realisiert, über den auch einzelne Fraktionen

Durch die intelligente Software ist es möglich, den Landepunkt des Lasers genau zu determinieren.

mehrfach geführt werden können. Auf diese Weise wird eine Mehr-Fraktionen-Sortierung ermöglicht.

Primäres Anwendungsfeld Zwei-Fraktionen-Sortierung von Aluminiumneuschrotten

Ein wesentliches Anwendungsfeld stellt die Zwei-Fraktionen-Sortierung von Aluminium dar. Legierungsbestandteile wie Magnesium (5000er Legierungen) oder Silizium (6000er Legierungen) lassen sich in der Aluminiumschmelze nicht mehr reduzieren. Gerade die Kombination aus diesen beiden Legierungsbestandteilen, die in der Automobilproduktion häufig vorkommt, lässt sich bedingt durch die Logistik im Presswerk nicht trennen.

Dadurch ist eine umfangreiche Zulegierung (Streckung) der gemischten Neuschrotte mit Rohaluminium notwendig. Neben den damit deutlich unterschiedlichen Erlöskosten in Höhe von bis zu 160 €/t stellt die Zulegierung mit Rohaluminium auch einen erheblichen CO₂-Verbrauch dar. Im Vergleich zu Schmelzschrotten benötigt Rohaluminium rund 15.800 kWh/t und damit zwanzigfach mehr Energie als die Ge-

nerierung aus Recyclingmaterial. Pro Tonne Rohaluminium entstehen somit rund 8 t CO₂. Zum Vergleich: Mit dem Energiebedarf für die Erzeugung 1 t Rohaluminium kann ein Vierpersonenhaushalt seinen Energiebedarf von vier Jahren für die Stromversorgung decken.

Vermischte Aluminiumschrotte lassen sich bereits heute nachweislich mit bis zu 30.000 t pro Jahr und einer Sortierqualität von 98 % in der aussortierten Fraktion analysieren und sortieren. Dadurch ist in der Praxis keine Zulegierung mehr notwendig und der Einsatz von Rohaluminium kann vollständig entfallen. Vermischte Schrotte müssen je nach Legierung in einem hohen Anteil (bis zu 50 %) gestreckt werden.

Das Potenzial für das Verfahren ist nicht nur in der Automobilzulieferindustrie groß. Recycling ohne Qualitätsverlust und Downcycling stellt somit eine wichtige Voraussetzung für geschlossene Werkstoffketten im Sinne des Cradle-to-Cradle-Prinzips dar.

Das Funktionsprinzip kommt vor allem bei werthaltigen Buntmetallen wie Kupfer- und Messingschrotten zum Einsatz, aber auch bei Stahlschrotten mit verzinneter Oberfläche.

Sortierung von verzinkten Metallschrotten – partiell entzinken und Mangananteile bestimmen

Beim Recycling von Metallschrotten ist vor allem die genaue Bestimmung des Mangengehalts von Bedeutung. Auch andere Legierungsbestandteile wie Chrom, Titan oder der in der Regel geringere Anteil an Niob lassen sich mit dem cleansort-Verfahren mit hohen Durchsatzraten mehr als hinreichend genau bestimmen, um die Schmelzfähigkeit zu ermitteln. Dabei sind Mangengehalte von weniger als 0,4 % erkennbar und können dementsprechend verwertet werden.

Durch den vorgeschalteten Abtrag der bis zu 20 µm dicken Zinkschicht lassen sich auch verzinkte Stähle verlustfrei und sicher in den Stoffkreislauf zurückführen.

Für Schrottverwerter ist der flexible Einsatz der Anlagentechnik von besonderem Interesse. Aufgrund des breiten Messspektrums lässt sich die Anlage auf Knopfdruck von der Sortierung von Buntmetallen auf die Sortierung von Aluminium oder Stahl umschalten und sowohl eine qualitative als auch eine quantitative Analyse ausführen.

Bei Schrotten aus der Müllverbrennung entfernt die Anlage die restliche Ascheschicht und trennt sortenrein in einer Zwei-Fractionen-Sortierung Kupfer, Messing, Edelstahl, Zink, Aluminium und andere. ↗

▶ INFO

DIE CLEANSORT GMBH

Das Unternehmen kombiniert zwei Verfahren, die Laserstrahl-Entschichtung und die Laserspektroskopie, um große Massenströme schnell und mit hoher Qualität nach deren Legierungsgehalten zu sortieren. Der gewünschte Wertstoff kann somit direkt aus den Metallschrotten heraussortiert und wiederverwendet werden. Daraus ergibt sich nicht nur eine große Kosteneinsparung, sondern vor allem eine ausschlaggebende Einsparung an Primärenergie. Material- und Energiekosten sowie der Ausstoß von Treibhausgasen lassen sich maßgeblich senken.

Um die Technologie in die Marktreife zu überführen, gründeten die geschäftsführenden Gesellschafter der Clean-Lasersysteme GmbH gemeinsam mit Philipp Soest (Geschäftsführer der cleansort GmbH) das Unternehmen cleansort GmbH in Rösrath.

Durch die enge Entwicklungspartnerschaft der cleansort GmbH mit der Clean-Lasersysteme GmbH (cleanLaser), dem Marktführer für nachhaltige Laserstrahl-Reinigungstechnik, ist eine solide Technologiebasis entstanden. Durch die langjährige Erfahrung von cleanLASER im Bereich der Lasertechnologie ist es darüber hinaus für cleansort möglich, auf aktuelle Lasertechnik zurückzugreifen.

CLEANSORT GMBH

Nussbaumweg 27 / 51503 Rösrath

Tel. +49 2205 901 002 100 / Fax +49 2205 901 002 109

info@cleansort.de / www.cleansort.de



PHILIPP SOEST

ist Geschäftsführender Gesellschafter und Mitbegründer der cleansort GmbH. Er selbst steckte viel Entwicklungs- und Forschungsarbeit in die Anlage.



EDWIN BÜCHTER

ist Geschäftsführender Gesellschafter der Clean-Lasersysteme GmbH. Für die grundlegende Entwicklung und Umsetzung der Laserstrahl-Reinigung wurde er 2010 mit dem Deutschen Umweltpreis ausgezeichnet.

MEHR WISSEN.

Digital,
interaktiv,
mobil.

inkl.
PDF-
ARCHIV!

2x
GRATIS
TESTEN!



Mehr erfahren durch aktuelle Berichterstattung branchenübergreifend zu den Themen **Wasser, Abfall, Energie, Umwelt und Recht**. Informieren Sie sich zehn Mal im Jahr mit den aktuellen Ausgaben zum Vorteilspreis sowie exklusiv für alle Abonnenten kostenlos das digitale und interaktive E-Magazin und das PDF-Archiv mit allen Fachbeiträgen seit 1999.

www.wasserundabfall.de

WASSER U. ABFALL

EIN THEMA ...

Der Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e. V. erklärt in Nachhaltige Industrie den Nutzen von **Kunststoff** und seine Rolle in der Kreislaufwirtschaft.



Produkte aus Kunststoffen können erheblich zur Verwirklichung der Ziele der Vereinten Nationen für eine nachhaltige Entwicklung beitragen. Kunststoffprodukte in der Mobilität, im Bauwesen und in der Energieerzeugung helfen bei der Verminderung der globalen Erwärmung.

Kunststoffverpackungen stellen Hygiene von Lebensmitteln und verpackten Waren sicher, verbessern die Haltbarkeit von Lebensmitteln und erlauben die Verringerung von Abfällen und Verschwendung. Kunststoffprodukte besitzen sehr unterschiedlich lange Lebenszyklen. Diese reichen von mehreren Jahrzehnten bei Bauprodukten bis zu wenigen Tagen oder Wochen bei Kunststoffverpackungen. Angesichts der Endlichkeit der natürlichen Ressourcen und deren zunehmender Inanspruchnahme durch die Menschheit wird der Wandel von einer überwiegend linearen Wirtschaft zu einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft beschleunigt vorangetrieben.

Die Kreislaufführung von Rohstoffen trägt ihrerseits maßgeblich zum Klimaschutz bei, da die Aufbereitung von Sekundärrohstoffen häufig mit geringerem Carbon-Footprint gelingt als die Erzeugung neuer Rohstoffe. Kreislaufwirtschaft mit Kunststoffen ist ein ganzheitlicher Ansatz, der über das werkstoffliche Recycling hinausgeht und sämtliche Phasen des Lebenszyklus von Kunststoffprodukten umfasst.

Der Bundesgesetzgeber hat die Weichen für die Kreislaufwirtschaft mit dem Verpackungsgesetz bereits richtig gestellt: Die Inverkehrbringer von Leichtverpackungen aus Kunststoffen tragen mit ihren Lizenzgebühren die Kosten der

Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verpackungsabfälle im Rahmen der dualen Systeme. Ein Kriterium für die Höhe der Lizenzentgelte stellt die Recyclingfähigkeit dar, sodass ein finanzieller Anreiz besteht, recyclingfähige Verpackungen zu bevorzugen.

Ist eine Kreislaufführung nicht wirtschaftlich, kann nach dem Ende des Produktlebenszyklus zumindest die im Werkstoff gebundene Energie zur Erzeugung von Strom und Wärme durch Abfallbehandlungsanlagen genutzt werden.

Kunststoffabfälle sind wertvolle Ressourcen und gehören nicht in die Umwelt. Ein Export kunststoffhaltiger Abfälle in Länder außerhalb des europäischen Binnenmarktes ist nur dann geeignet, wenn die Abfälle dort auf vergleichbarem technologischem Niveau verwertet werden.

Die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft mit Kunststoffen mit dem Ziel, Kohlenstoffkreisläufe weitestgehend zu schließen, wird in den kommenden Jahren erhebliche zusätzliche Investitionen und Innovationen der Wirtschaft weltweit mobilisieren. [↗](#)



DR. OLIVER MÖLLENSTÄDT

Hauptgeschäftsführer
Gesamtverband
Kunststoffverarbeitende Industrie e. V.
(GKV)

ZWEI STANDPUNKTE

Der WWF verweist in seinem Standpunkt auf einen verantwortungsvollen Umgang mit dem Hochleistungsmaterial **Kunststoff**.



Kunststoffe sind nicht nur gut oder schlecht. Sie haben Vor- und Nachteile. Sie sind leicht und stabil, konservieren Lebensmittel und halten Produkte wie Medikamente steril. Gleichzeitig machen genau diese Eigenschaften – die Stabilität und die Beständigkeit – Kunststoffe aber zu einem Material, das nicht in die Umwelt gelangen darf. Denn bis zur völligen Zersetzung von Kunststoff können mehrere Hunderte bis Tausende Jahre vergehen.

Der globale Eintrag von Kunststoff in die Meere beträgt zwischen 4,8 und 12,7 Mio. t pro Jahr. Mikroplastik ist mittlerweile überall: Pro Woche können bis zu 5 g Mikroplastik über die Aufnahme von Wasser, Nahrung und Atemluft in den menschlichen Körper gelangen.

Die Folgen der wachsenden Verschmutzung durch Kunststoff und Mikroplastik sind hinlänglich bekannt und müssen hier nicht erörtert werden. Auch wenn das Problem schon seit Jahrzehnten existiert und die Kunststoffproduktion weiter steigt, reichen viele Unternehmen die Verantwortung für die Entsorgung an die Bürger und Kommunen weiter.

Dabei müssen Themen wie Langlebigkeit, Mehrfachnutzung oder Recyclingfähigkeit schon beim Design mitgedacht werden. Kunststoff kann hochwertig in Stoffströmen geführt werden, wenn Produkt- und Materialgestaltung konsequent von Beginn an darauf ausgelegt sind. Hier besteht auch in Deutschland Verbesserungsbedarf: Trotz flächendeckender Sammel-, Sortier- und Verwertungsstruktur wird derzeit nur knapp die Hälfte aller Kunststoffverpackungen recycelt.

Besonders problematisch ist es, wenn Kunststoffabfälle in Entwicklungsländer exportiert werden, wo nicht ausgeschlossen ist, dass sie in offenen Feuern verbrannt, auf wilden Müllkippen abgelagert oder in Flüsse und Kanäle geworfen werden und dabei immense Umwelt- und Gesundheitsschäden verursachen.

Hier müssen Unternehmen Verantwortung übernehmen und den Entsorgungsweg mitdenken und mitfinanzieren. Kunststoff muss als das genutzt werden, was es ist: als wertvolles Hochleistungsmaterial. Das bedeutet auch, dass die Entsorgungs- und Umweltkosten eingepreist werden müssen.

Damit eine nachhaltige Transformation der Wirtschaft gelingt, braucht es jedoch nicht nur einen verantwortungsvolleren Materialeinsatz als bisher, sondern auch eine Reduzierung des primären Ressourcenverbrauchs und Abfallaufkommens insgesamt. Es bedarf systematischer Veränderungen unseres Wirtschaftens und Konsumierens, in denen die Vermeidung von unnötigen Materialien, Mehrfachnutzung und Kreislaufwirtschaft eine entscheidende Rolle spielen. [↗](#)



LAURA GRIESTOP

Manager Sustainable Business
and Markets, WWF

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

VORSCHAU

Die nächste Ausgabe NACHHALTIGE INDUSTRIE erscheint im Herbst 2020.



IMPRESSUM

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

Springer Vieweg | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Postfach 1546 · 65173 Wiesbaden · Abraham-Lincoln-Straße 46 · 65189 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, UStIdNr. DE811148419

Geschäftsführer Stefanie Burgmaier, Joachim Krieger, Juliane Ritt

Gesamtleitung Produktion Ulrike Drechsler

ISSN (Print) 2662-7493 | ISSN (Online) 2662-7507

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Martin Faulstich

CORPORATE SOLUTIONS CHEFREDAKTEUR

Markus Bereszewski (V.i.S.d.P.)
tel +49 611 7878-122 · fax +49 611 787878-122
markus.bereszewski@springernature.com

REDAKTION

Heftkoordinatorin
Melanie Malsch-Kranz M. A.
tel +49 611 7878-138 · fax +49 611 787878-138
melanie.malsch-kranz@springernature.com

Christiane Imhof M. A.

tel +49 611 7878-154 · fax +49 611 787878-154
christiane.imhof@springernature.com

Alexandra Pisek M. A.

tel +49 611 7878-139 · fax +49 611 787878-139
alexandra.pisek@springernature.com

REDAKTIONSANSCHRIFT

Abraham-Lincoln-Straße 46 · 65189 Wiesbaden,
Postfach 1546 · 65173 Wiesbaden
CSWiesbaden@springer.com

ANZEIGEN

LEITER MEDIA SALES

Volker Hesedenz
tel +49 611 7878-269 · fax +49 611 787878-269
volker.hesedenz@springernature.com

CORPORATE SOLUTIONS

SALES MANAGERIN

Nina Ziss
tel +49 611 7878-124 · fax +49 611 787878-124
nina.ziss@springernature.com

ANZEIGENDISPOSITION

Katrin Weingärtner
tel +49 611 7878-618 · fax +49 611 787878-618
katrin.weingaertner@springernature.com

LEITER VERTRIEB + MARKETING

Jens Fischer

PRODUKTMANAGEMENT

Melanie Engelhard-Gökalp
tel +49 611 7878-315 · fax +49 611 787878-315
melanie.engelhard-goekalp@springernature.com

SONDERDRUCKE

Anja Trabusch
tel +49 611 7878-298 fax + 49 611 787878-298
anja.trabusch@springernature.com

PRODUKTION

Kerstin Brüderlin
tel +49 611 7878-173 · fax +49 611 787878-173
kerstin.bruederlin@springernature.com

Alle angegebenen Personen sind postalischunter der Adresse des Verlags erreichbar.

FREIE MITARBEITER AN DIESER AUSGABE

LAYOUT/SATZ
schönit und freunde
werbung · editorial design · fotografie
Poststrasse 18 · 63303 Dreieich
tel +49 6103 807816
schoenit@schoenitundfreunde.de

REDAKTION

Fabian Hoberg

DRUCK

LUC GmbH · Ludgeristr. 13 · 59379 Selm

BEZUGSMÖGLICHKEITEN

Bestellbar über:
CSWiesbaden@springer.com
oder
Redaktion Nachhaltige Industrie
Abraham-Lincoln-Straße 46 · 65189 Wiesbaden
Postfach 1546 · 65173 Wiesbaden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck: Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen Beiträge einschließlich sämtlicher Abbildungen, Grafiken und Fotos sind urheberrechtlich geschützt. Sofern eine Verwertung nicht ausnahmsweise ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf jedwede Verwertung eines Teils dieser Zeitschrift der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Nachdrucke, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, öffentliche Zugänglichmachung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung von Teilen dieser Zeitschrift in Datenbanken und anderen elektronischen Systemen und die Verbreitung oder Verwertung über elektronische Systeme.

Die Artikel der Nachhaltigen Industrie sind mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die Redaktion übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der abgedruckten Inhalte. Für den Inhalt der Werbeanzeigen ist das jeweilige Unternehmen beziehungsweise die jeweilige Gesellschaft verantwortlich.

Für unverlangt eingeschickte Manuskripte, Fotos und Illustrationen wird keine Gewähr übernommen.

EU-DATENSCHUTZGRUND-VERORDNUNG (EU-DSGVO)

Falls Sie die Zeitschriften ATZ, ATZelextronik, ATZproduktion, MTZ oder Innovative Verwaltung nicht im Abonnement beziehen, erhalten Sie diese auf der gesetzlichen Grundlage von Artikel 6 Absatz 1 lit.f DSGVO. Wenn Sie die kostenlose Leseprobe künftig nicht mehr von uns erhalten möchten, genügt eine kurze formale Nachricht per Fax an: 06123/92 38 244 oder eine E-Mail an leseprobe@vuservice.de.

Ihr direkter Draht zur Nachhaltigen Industrie

REDAKTION

☎ +49 611 7878-138

KUNDENSERVICE

☎ +49 6221 345-4303

ANZEIGEN

☎ +49 611 7878-269

Wir werden Ihre personenbezogenen Daten dann nicht mehr für diesen Zweck verarbeiten. Die Verarbeitung Ihrer Daten ist gemäß den Bestimmungen der DSGVO. Weitere Infos dazu finden Sie im virtuellen Datenschutzbüro der Bundesländer unter www.datenschutz.de.

© Springer Vieweg | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2020

Springer Vieweg ist ein Imprint der Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, die ein Teil der Fachverlagsgruppe Springer Nature ist.

Springer Vieweg

Think-Tank für die nachhaltige Industriegesellschaft

Forschung für den Strukturwandel

- ▶ Circular Economy
- ▶ Energiesysteme
- ▶ Nachhaltige Industrie

Promovieren mit Perspektive

- ▶ Wirtschaftsstipendien
- ▶ Doktorandenkolleg
- ▶ Unternehmensnetzwerk

Wissen zum Handeln

- ▶ Kongress Klimabrücke Kommune
- ▶ Kongress Klimabrücke Industrie
- ▶ Fachzeitschrift Nachhaltige Industrie



Zeichen setzen. Kreisläufe schließen. Ressourcen schonen.

Als Teil einer nachhaltigen Abfallwirtschaft übernimmt EEW Verantwortung für Mensch und Umwelt.

Ob Produzent, Konsument oder Entsorger: Der nachhaltige Umgang mit Ressourcen kann nur gelingen, wenn alle Beteiligten sich ihrer Verantwortung bewusst sind und sie wahrnehmen. So achten Hersteller im Rahmen ihrer Produktverantwortung auf möglichst geringen Rohstoff- und Energieeinsatz sowie hohe Recyclingfähigkeit ihrer Erzeugnisse. Und immer mehr Konsumenten bevorzugen Produkte, die weniger Abfälle erzeugen. Um die trotz dieser Anstrengungen anfallenden Abfälle kümmert sich die nachhaltige Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft.

Sie nutzt zunächst das stoffliche Potenzial dieser Wertstoffe. Und wenn das stoffliche Recycling an seine ökologischen, ökonomischen oder sozialen Grenzen stößt, sind wir zur Stelle – sowohl bei der thermischen Verwertung von Haushalts- und Gewerbeabfällen als auch Klärschlamm, dem Abfall der Abwasserbehandlung. Wir nutzen die im Abfall enthaltene Energie und führen die verbleibenden Wertstoffe in den Kreislauf zurück.

Erfahren Sie mehr > eww-energyfromwaste.com/nachhaltigkeit



Thermische Abfallverwertung: ein Gewinn für Umwelt, Mensch und Klima.

✘ Abfalldeponien gefährden Klima und Grundwasser.

✘ Unkontrollierte Verbrennung setzt Schadstoffe frei.

✘ Illegal entsorgte Kunststoffe gelangen als Mikroplastik in die Meere.

✘ Klärschlamm auf den Feldern belastet Grundwasser und Nahrungsmittel.

Thermische Abfallverwertung...

- ✔ substituiert Kohle, Öl und Gas.
- ✔ wandelt die Energie des Abfalls in Strom, Wärme und Prozessdampf.
- ✔ entzieht Schadstoffe sicher der Umwelt.
- ✔ ermöglicht das Recycling von Metallen nach der Verbrennung.
- ✔ liefert mit Schlacke einen Alternativbaustoff für Naturmaterialien wie Sand und Kies.
- ✔ sichert die Rückgewinnung des lebenswichtigen Phosphors aus Klärschlammasche.