Springer Vieweg

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

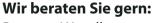




Profitieren Sie und Ihre Mitarbeiter von dem geballten Fachwissen unseres Fachmagazins Nachhaltige Industrie. Mit einer digitalen Unternehmenslizenz erhalten Sie vollen Zugriff auf die interaktiven E-Magazine und das umfangreiche Online-Archiv. Wählen Sie Ihr individuelles Zugangsmodell für Ihre Team- bzw. Unternehmensgröße – von IP-Freischaltung bis individuellem Login.

- ✓ **Umfassend:** aktuelle Ausgaben plus Fachartikelarchiv
- ✓ Kostensparend: exklusive Rabatte für Ihr Team
- ✓ **Individuell:** das passende Zugangsmodell für Ihre Bedürfnisse
- √ Flexibel: jederzeit und überall lesen
- ✓ Interaktiv: zusätzliches Spezialwissen durch verlinkte Inhalte
- ✓ Rechtssicher: erfüllt das Urheber- und Lizenzrecht





Ramona Wendler
Tel. 0611 7878-126 | magazinlizenzen@springernature.com







MARTINA KLEIN Redakteurin

RECYCLINGLÜGE?

iebe Leserinnen und Leser, ▲ haben Sie die investigative ARD-Dokumentation "Die Recyclinglüge" gesehen? Sie beschäftigt sich mit der Frage, was mit Verpackungsmüll passiert, und sorgte Ende Juni für Wirbel in der Kunststoff- und Recyclingindustrie. "Einseitige und pauschale Berichterstattung", so die Kritik zahlreicher Branchenakteure und -verbände. Die Botschaft, die sie von dem Film transportiert sehen - Recycling von Kunststoffen funktioniere nicht und werde auch niemals funktionieren -, sei falsch und kontraproduktiv. Ich kann diese Kritik nachvollziehen. Allerdings stellt eine Dokumentation immer nur einen Ausschnitt der Realität dar und erhebt keinen Anspruch auf Neutralität.

Wir lassen in diesem Heft beide Seiten zu Wort kommen. Für unser Format "Standpunkte" haben wir zwei Branchenexperten gefragt: "Sind wir, was Kunststoffrecycling angeht, auf dem richtigen Weg?". Die Antworten – pro und kontra – finden Sie auf den Seiten 14 und 15.

Verschiedene Perspektiven, Offenheit und die Bereitschaft, den Standpunkt des anderen anzuhören und zu akzeptieren - das ist es, was eine gesunde Diskussion ausmacht. Als Verbraucher und speziell als Industrieakteure sind wir gefragt, uns laufend zu informieren, unser Handeln immer wieder auf den Prüfstand zu stellen und daran zu arbeiten, zu diskutieren und gemeinsam neue Lösungen für mehr Nachhaltigkeit zu suchen und zu finden.

Wir als Fachzeitschrift wollen dazu beitragen und liefern Ihnen quartalsweise einen umfassenden Informationsmix. Mehr zu den Themen Kunststoffe und Verpackung lesen Sie in dieser Ausgabe zum Beispiel in unserer Gesetzesserie ab Seite 50 und im Interview mit Constance Ißbrücker vom Verband European Bioplastics (S. 16 bis 20). Interessante Anregungen und fruchtbare Diskussionen wünscht Ihnen

Hartina

16

Das Interesse an Biokunststoffen steigt in allen Branchen

Sie stellen eine umweltverträglichere Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen dar





Mit Cloud-Lösungen Emissionen reduzieren

Dashboards bieten einen Überblick auf den Stand der Emissionen und des Energieverbrauchs

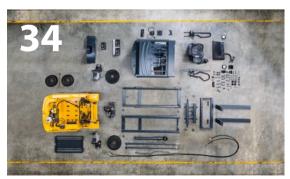


▶ Fahrradkomponenten aus Kunststoff

Ob im Elektro-Lastenrad oder bei einem Konzeptrad, das zu 90 %aus Kunststoff besteht: Bauteile aus Tribopolymeren erschließen ökologische Vorteile

▶ Auf dem Weg zum CO₂-freien Lager

Die ressourcenschonende Wiederaufbereitung von gebrauchten Flurförderzeugen birgt ein beachtliches Potenzial



INHALT _____

EDITORIAL	3	BETRIEBSTECHNIK & LOGISTIK	
		Gabriele Maurer / Kornelia Ediger	34
TITELTHEMA: WERKSTOFFTECHNIK		AUF DEM WEG ZUM CO ₂ -FREIEN LAGER	
Robert Kupfer / Levin Schilling / Maik Gude	8	ENERGIE & ROHSTOFFE	
WERKSTOFFTECHNOLOGIEN FÜR NACHHALTIGEN			
LEICHTBAU		Thomas Parth	38
		DAS ENERGIEAUDIT 2023 ALS CHANCE NUTZEN	
Standpunkte: Fritz Flanderka / Helmut Maurer	14		
KUNSTSTOFFRECYCLING – SIND WIR AUF		ABFALL & EMISSIONEN	
DEM RICHTIGEN WEG?		ABFALL & EMISSIONEN	
Interview mit Constance Ißbrücker	16	Stefan Höchbauer	42
"DAS INTERESSE AN BIOKUNSTSTOFFEN STEIGT		MIT CLOUD-LÖSUNGEN EMISSIONEN REDUZIEREN	
IN ALLEN BRANCHEN"			
3 Fragen an Stefanie Brockmann	21	COMPLIANCE & REPORTING	
STAHL – EIN NACHHALTIGER WERKSTOFF FÜR			
DIE INDUSTRIE?		Markus Steiner	46
		UMWELTMANAGEMENTSYSTEME RÜCKEN	
Susann Aamara	22	IN DEN FOKUS	
ALUMINIUM AUF RECYCLING UND			
KREISLAUFWIRTSCHAFT AUSRICHTEN		Simon Meyer / René Schmelting	50
		VERPACKUNGS- UND ELEKTROGESETZ NEHMEN	
Viviane Raddatz	26	HERSTELLER IN DIE PFLICHT	
STELLSCHRAUBEN BEI DER BETON- UND			
ZEMENTPRODUKTION			
KONSTRUKTION UND PRODUKTION			
RONSTROKTION OND PRODUCTION		NEWS	e
Alexander Welcker	30	PRODUKTE	54
FAHRRADKOMPONENTEN AUS KUNSTSTOFF		DIGITAL	56
FÜR NACHHALTIGE CITY-LOGISTIK		IMPRESSUM	58
TITELBILD_© Martina Klein			



KLIMASCHUTZ UND KREISLAUF-WIRTSCHAFT AUF DER MESSE K



Vom 19. bis 26. Oktober 2022 präsentiert die Weltleitmesse K in Düsseldorf Neuheiten und Innovationen aus allen Branchenbereichen – von der Erzeugung über die Verarbeitung bis hin zum Maschinenbau. Zentrale Anlaufstelle für den Informations-, Gedanken- und Meinungsaustausch ist dabei die Sonderschau "Plastics shape the future" in Halle 6 mit den drei wegweisenden Leitthemen Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung. In kurzweiligen Formaten informieren und diskutieren hochkarätige Gäste aus Politik, Wissenschaft und Industrie sowie von NGOs über ökonomische, soziale und ökologische Herausforderungen und Lösungsansätze rund um die K-Leitthemen. So geht es etwa um die Umsetzung der Ergebnisse des im April 2022 vorgestellten Reshaping Plastics-Reports der europäischen Denkfabrik SystemIQ. Dieser skizziert mehrere Szenarien, mit denen die Kreislauffähigkeit von Kunststoffen gesteigert und die Treibhausgasemissionen in Europa reduziert werden sollen.

▶ Weitere Informationen: https://www.k-online.de

CIRCULAR RESOURCES SÀRL ÜBERNIMMT DEN GRÜNEN PUNKT

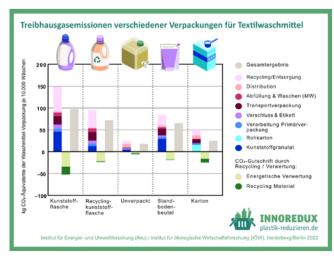
Das Unternehmen Circular Resources Sàrl hat mit Wirkung vom 10. August 2022 die DSD – Duales System Holding GmbH & Co. KG und die Unternehmensgruppe mit dem grünen Punkt übernommen. Dazu gehören unter anderem die Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH sowie die Systec Plastics GmbH mit der Produktionsstätte in Hörstel und die Systec Plastics Eisfeld GmbH, die aus im Gelben Sack und in der Gelben Tonne gesammelten Kunststoffabfällen Rezyklate für die Kunststoff- und Verpackungsindustrie herstellen. Circular Resources plant, das derzeitige Lizenzierungs-, Entsorgungsund mechanische Recyclinggeschäft von Der Grüne Punkt durch die Einführung des chemischen Recyclings von Kunststoffabfällen in großem Maßstab in Deutschland zu ergänzen.

▶ Weitere Informationen: https://www.gruener-punkt.de

NACHHALTIGE PRODUKTVERPACKUNGEN

Plastikverpackungen sind immer schlecht, Glas und Papier per se besser? Nicht nur auf Kundenseite gibt es Missverständnisse, auch Unternehmen sind sich oft unsicher, wie eine Verpackungsumstellung in Richtung Nachhaltigkeit gelingen kann. Unterstützung bietet jetzt ein Leitfaden vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) und vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu). Im Rahmen des Projekts Innoredux untersuchten die Forschenden Verpackungen unter anderem für Lebensmittel und Drogerieprodukte. In einem Leitfaden für Unternehmen stellen die Forschenden sechs Ansatzpunkte vor, um Verpackungen zu reduzieren: von unverpackt über Mehrweg bis hin zu alternativen Materialien.

▶ Weitere Informationen: https://www.plastik-reduzieren.de



WÜI / II o



WASSERSTOFFEINSATZ WIRD IM VERKEHR VON LKWS DOMINIERT

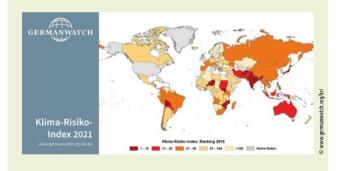
Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) und die Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (Dechema) führen im Rahmen des gemeinsamen Projektes Wasserstoff-Kompass eine Metaanalyse durch und erarbeiten, wie unterschiedliche Studien und Szenarien den zukünftigen Einsatz von Wasserstoff in den einzelnen Sektoren prognostizieren. Für die Metaanalyse im inländischen Mobilitätssektor haben die Fachleute insgesamt vier Studien miteinander verglichen: In den meisten Szenarien werden im Jahr 2045 zwischen 6 bis 33 % des inländischen Endenergiebedarfes des Verkehrssektors durch Wasserstoff gedeckt. Konkret bedeutet das: Im Jahr 2045 wird Wasserstoff im Verkehrssektor in einer Größenordnung von 25 bis 100 TWh verwendet, während der Gesamtenergiebedarf des Verkehrsbereiches 300 bis 400 TWh beträgt. 60 bis 80 % des im Verkehr eingesetzten Wasserstoffs werden im Schwerlastverkehr benötigt. Auch im Busverkehr und in der Binnenschifffahrt kann der Einsatz von Wasserstoff anteilig sehr hoch sein, allerdings wird der Endenergiebedarf dieser Sektoren insgesamt gering sein. Im Jahr 2045 werden laut den untersuchten Szenarien 85 bis 150 TWh Wasserstoff darauf verwendet werden, E-Fuels herzustellen.

▶ Weitere Informationen: https://www.acatech.de

KLIMA-RISIKO-INDEX

Wer leidet am meisten unter extremen Wetterereignissen? Der globale Klima-Risiko-Index von Germanwatch zeigt, wie stark Länder von Wetterextremen wie Überschwemmungen, Stürmen und Hitzewellen betroffen sind. Untersucht werden dabei die menschlichen Auswirkungen (Todesopfer) sowie die direkten ökonomischen Verluste. Berücksichtigt wurden die aktuellsten verfügbaren Daten für 2019 und von 2000 bis 2019. Mosambik, Simbabwe und die Bahamas waren 2019 am stärksten von Extremwetterereignissen betroffen. Im Zeitraum zwischen 2000 und 2019 waren es Puerto Rico, Myanmar und Haiti. Die 16. Ausgabe bestätigt frühere Ergebnisse des Klima-Risiko-Index: Weniger entwickelte Länder sind generell stärker betroffen als Industrieländer. Als Datenbasis des Index dient die Datenbank NatCatService der MunichRe unter Einbezug weiterer demografischer und wirtschaftlicher Daten des Internationalen Währungsfonds.

▶ Weitere Informationen: https://www.germanwatch.org



KOOPERATION IM BEREICH UMWELT UND DIGITALISIERUNG

Die Hochschule Merseburg und das Umweltbundesamt (UBA) haben mit der Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung den Grundstein für ihre Zusammenarbeit in den Berei-



chen Umwelt und Digitalisierung gelegt – sowohl auf wissenschaftlicher Ebene als auch zur Stärkung regionaler Kompetenznetzwerke. Anlass und zentrales Element dieser
Partnerschaft ist der Aufbau des Nationalen Zentrums für
Umwelt- und Naturschutzinformationen (umwelt.info) als neue Außenstelle des UBA am Standort Merseburg. Mit dem Aufbau der Daten- und Informationsplattform soll ein neues Schlüsselinstrument der deutschen Informationslandschaft in den
Bereichen Umwelt und Naturschutz entwickelt werden. Mit der Ansiedlung von umwelt.info im Mitteldeutschen Kohlerevier ist das Zentrum zugleich ein regionaler Treiber hin zur nachhaltigen Industriegesellschaft.

 $\blacktriangleright \ \ \textit{Weitere Informationen: https://www.umweltbundesamt.de}$

WERKSTOFFTECHNOLOGIEN FÜR NACHHALTIGEN LEICHTBAU

ROBERT KUPFER / LEVIN SCHILLING / MAIK GUDE

Der Leichtbau gilt als eine Schlüsseltechnologie für klimafreundliche Mobilität, ressourcenschonende Produkte und effiziente Produktionsprozesse. Die immanente Zielstellung eines verringerten Materialeinsatzes muss aber in Zukunft um Aspekte der Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft erweitert werden, um entlang des gesamten Produktlebenszyklus Emissionen und Abfälle zu vermeiden und die Verfügbarkeit von Hochtechnologiewerkstoffen dauerhaft zu sichern.

ie Ingenieurdisziplin Leichtbau entwickelt sich seit ihrem Entstehen beständig weiter und kann dabei verschiedene Entwicklungsziele verfolgen. (Abb. 1) Im Funktionsleichtbau hat die Realisierung einer technischen Aufgabenstellung Priorität, etwa in der Raumfahrt; Aspekte der Ressourcenschonung spielen eine untergeordnete Rolle. Im Sparleichtbau steht dagegen die Reduzierung des Werkstoffeinsatzes aus Kostengründen in der Produktionsphase im Vordergrund. Der Effizienzleichtbau legt den Fokus auf die Verringerung des Ressourcenverbrauchs in der Nutzungsphase von Leichtbauteilen. Erst die neue Klasse des Neutralleichtbaus bezieht als Entwicklungsziele neben technischen und ökonomischen explizit auch ökologische Kriterien mit ein. Dabei muss das gesamte Produktsystem lebenszyklusübergreifend bezüglich seiner Umweltwirkungen bewertet werden. Das Ideal des Neutralleichtbaus ist die ressourcennneutrale Kreislaufwirtschaft für hochbeanspruchte Leichtbaustrukturen.

Aus diesen Zielen ergeben sich für den Leichtbau drei miteinander verzahnte Handlungsfelder. Zum einen müssen kreislauffähige Produkte gestaltet und die Umweltwirkungen der Entwicklungsentscheidungen bereits im Produktentstehungsprozess vorhergesagt werden. Zweitens muss die Kompetenz entwickelt werden, umweltverträgliche Werkstoffe im Kreislauf

zu führen und Sekundärmaterialien im Leichtbau einzusetzen. Drittens sind die zugehörigen Technologien zu entwickeln, um damit insbesondere auch Hightech-Produkte zu erzeugen.

Leichtbau ist zunächst werkstoffunabhängig. Vielmehr werden im Entwicklungsprozess das Anforderungsprofil einer Leichtbauanwendung und das Eigenschaftsprofil eines Werkstoffes durch die werkstoff-, beanspruchungs- und fertigungsgerechte Konstruktion in Einklang gebracht. Durch die kriteriengestützte Bewertung verschiedener Designentwürfe und zugehöriger Materialien im Entwicklungsprozess werden Vorzugslösungen erkennbar. Entscheidend für die Umweltwirkung von Produkten ist in dieser Phase die Abstimmung technischer, ökologischer, ökonomischer und mit Blick auf die Lieferkette auch sozialer Kriterien. Diese Kriterien sind stark vom Geschäftsmodell eines Unternehmens beeinflusst, welches in seinem Handeln wiederum durch politisch-ökonomische Randbedingungen bestimmt wird. Der Einsatz nachhaltiger Werkstoffe im Neutralleichtbau ist deshalb nicht ausschließlich technisch determiniert, sondern auch durch regulative Zielvorgaben gesteuert. Dies wird deutlich, wenn etwa Recyclingquoten vorgegeben werden, bestimmte Additive verboten werden oder die Deponierung von Werkstoffen eingeschränkt wird. In Zukunft ist deshalb mit einer Zunahme von Anreiz- und Regu-

Abb. 1 / Leichtbauarten und deren verfolgte Entwicklungsziele [1]

Service mis

Einsparung bei den direkten Materialkosten

Spar- Effizienzleichtbau leichtbau Indirekte Einparung durch geringe Masse oder verbesserte Funktion



Bsp.: Kraftfahrzeuge



Massereduktion für Systemfunktionalität Funktionsleichtbau Neutralleichtbau

Minimierung des ökologischen Fußabdrucks



Bsp.: Biobasierte Werkstoffe

lierungsmaßnahmen zu rechnen, die auf wichtige Aspekte des Werkstoffeinsatzes im Leichtbau einwirken.

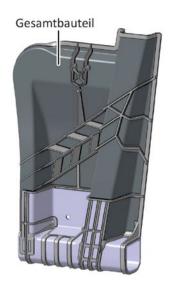
Es ist evident, dass zukünftig Werkstoffkreisläufe zu schließen sind, um den Bedarf an Primärrohstoffen zu senken. (Abb. 2) Für alle im Leichtbau genutzten Werkstoffgruppen birgt das Recycling bislang aber große Herausforderungen. Bei Metallen tritt dies häufig in den Hintergrund, jedoch erschwert zum Beispiel die Vielzahl derzeit eingesetzter Hochleistungsstähle im Automobilbau mit ihren teils sensiblen Legierungszusammensetzungen ein Recycling aus der Mischfraktion. Eine Kaskadennutzung bei Stahl ist zwar etabliert, Hochleistungsstrukturen erfordern aber in der Regel immer noch Primärmaterial. Ähnlich verhält es sich bei polymeren Werkstoffen, deren passgenaue anwendungsspezifische Kon-

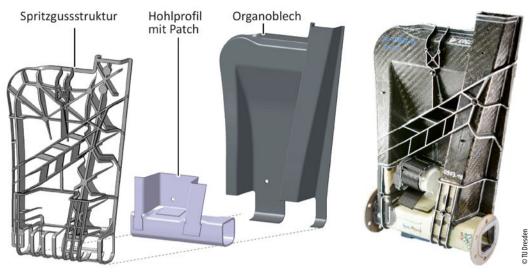
figuration mit einer unüberschaubaren Vielfalt an Additiven häufig dazu führt, dass bislang eine sortenreine Trennung am Lebensende einer Leichtbauanwendung technisch und wirtschaftlich nicht zielführend ist. Wird es möglich, mit einer reduzierten Werkstoffvielfalt die geforderte breite Palette an Eigenschaften bereitzustellen, ließe sich das werkstoffliche Recycling deutlich vereinfachen. Ein Vorbild sind etwa Metalle, die sich bei gleicher Legierungszusammensetzung und unterschiedlicher Wärmebehandlung hinsichtlich ihrer Eigenschaften gezielt einstellen lassen. Bei den Polymeren kann etwa die Kombination von Organoblechen, Langfaser-Thermoplastformmassen und hybridgarnbasierten Hohlprofilen aus der gleichen Faser-Matrix-Kombination ein Recycling vereinfachen. [4] Zudem kann physikalisches Schäumen den Leicht-



▶ **Abb. 2** / CFK-Strukturbauteil des Projektes "ReLei" mit einem Rezyklatanteil von circa 80 % [2]

Dresden





▶ **Abb. 3** / Integrative Hybridbauweise kombiniert in dieser Gurtintegrallehne Organobleche, Faserverbund-Hohlprofile und Spritzgießknotenstrukturen [3]

baugrad von Thermoplastformmassen erhöhen, ohne zusätzliche Stoffe einzubringen.

Darüber hinaus ist das Leichtbaupotenzial von Monomaterialien aufgrund zunehmend komplexer Anforderungen oft begrenzt. Vor diesem Hintergrund werden im modernen Leichtbau in der Regel verschiedene Werkstoffe in einer Struktur kombiniert, die jeweils ihre vorteilhaften spezifischen Materialeigenschaften aufweisen. (Abb. 3) Beispielsweise ermöglichen endlosfaserverstärkte Verbundwerkstoffe aufgrund ihrer starken Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) ein belastungsgerechtes Materialdesign. In komplex beanspruchten Bauteilbereichen wie Fügezonen oder für crashrelevante Strukturen werden aber bevorzugt isotrope (richtungsunabhängige) metallische Werkstoffe eingesetzt. Derartige hybride Bauweisen weisen derzeit hinsichtlich des Recyclings starke Defizite auf, da sie meist stoffschlüssig mittels Klebtechnologie oder chemischer Haftvermittler gefügt werden. Diese zusätzlichen Komponenten können am Lebensende des Bauteils nach der Trennung die Stoffströme kontaminieren und ein hochwertiges Recycling verhindern. Um dem zu begegnen, müssen bereits im Entwicklungsprozess entsprechende Entfüge-, Trenn- und Sortierprozesse mitgedacht werden.

In einer idealen Kreislaufwirtschaft ist die Technosphäre gleichzeitig Wiege, Lager und Grab des Materials. In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung zu untersu-

In einer idealen Kreislaufwirtschaft ist die Technosphäre gleichzeitig Wiege, Reservoir und Grab des Materials.

chen, wie sich frühere Lebenszyklen und Verwertungsprozesse auf die Materialeigenschaften auswirken. Auf dieser Basis muss eine Vorhersage der Werkstoff- und Bauteileigenschaften im kommenden Lebenszyklus ermöglicht werden. Dies bedeutet auch, dass Materialmodelle zu entwickeln sind, die das lebenszyklusübergreifende Verhalten berücksichtigen. Effiziente Strategien zur Bereitstellung von Werkstoffdaten für die Prozessund Struktursimulation sind der Schlüsselfaktor, um eine hohe Vorhersagegenauigkeit, hohe Leichtbaugrade und geringe Ressourcenbelastungen zu ermöglichen. Eine Kombination aus etablierten Charakterisierungsmethoden und neuen Messansätzen wie zum Beispiel Soft-Sensoren im Recycling und in der Fertigung, kann wertvolle Informationen liefern. Tracking-Techniken wie Marker können helfen, Produkte zurückzuverfolgen und mit zugehörigen Lebenszyklusdaten zu verknüpfen, um so ein kontinuierliches Verständnis zu ermöglichen.

ZIELSTELLUNG	STRATEGIE	BESCHREIBUNG	
Intelligente Produktherstellung und -nutzung	R0 - Refuse (Verweigern)	Funktion des Poduktes aufgeben und es somit überflüssig machen oder dieselbe Funktion durch ein radikal anderes Produkt anbieten.	
	R1 - Rethink (Überdenken)	Produktnutzung intensivieren (zum Beispiel durch Teilen des Produktes, Multifunktionsprodukt).	
	R2 - Reduce (Vermindern)	Effizienz der Produktenstehung oder -nutzung steigern mittels Senkung des Verbrauchs natürliche rRessourcen und Materialien.	
Verlängerter Lebenszyklus des Produktes oder dessen Teile	R3 - Reuse (Wiederverwenden)	Wiederverwendung eines funktionell ausrangierten Produktes durch einen anderen Verbraucher.	
	R4 - Repair (Reparieren)	Reparatur und Wartung eines defekten Produktes, um dessen ursprüngliche Funktion wiederherzustellen.	
	R5 - Refurbish (Erneuern)	Altes Produkt wiederherstellen und auf einen aktuellen Stand bringen.	
	R6 - Remanufacture (Aufarbeiten)	Produkt oder dessen Teile in einem neuen Produkt mit dessen ursprünglicher Funktion nutzen.	
	R7 - Repurpose (Umfunktionieren)	Produkt oder dessen Teile in einem neuen Produkt mit einer neuen Funktion nutzen.	
Nützliche Anwendung der Materialien	R8 - Recycle (Wiederverwerten)	Verarbeitung der Materialien, um dieselbe (hochgradige) oder geringere (minderwertige) Qualität zu erhalten.	
	R9 - Recover (Zurückgewinnen)	Verbrennen der Materialien, um Energie zurückzuerhalten.	

Dresden

Selbst wenn jedoch das lebenszyklusübergreifende Verhalten bekannt ist, wird die Kreislaufwirtschaft in der Regel durch Downcycling, Verunreinigung und Entropieanstieg behindert. Neben dem Downcycling sind Verunreinigungen von Stoffströmen aufgrund von begrenzten Sortiergraden, Adhäsion oder Multimaterialsystemen unvermeidlich. Hier setzt das rohstoffliche Recycling an, wobei an entsprechenden Depolymerisationsstrategien wie Pyrolyse, Solvolyse oder Chemolyse derzeit intensiv geforscht wird. Diese Aufbereitungsprozesse gehen jedoch mit deutlich höheren Energieaufwendungen einher und sollten daher erst dann zum Einsatz kommen, wenn andere Maßnahmen ausgeschöpft wurden. Um Leichtbauwerkstoffe möglichst effizient zu nutzen, sind deshalb neben dem Ende des Bauteillebens auch alle anderen Lebensphasen eines Leichtbauproduktes in die Idee des Neutralleichtbaus einzubeziehen.

Der Einsatz von sogenannten R-Strategien ist erforderlich, um den hier vorgestellten Idealen des Neutralleichtbaus näherzukommen. [4] Die R-Strategien zielen darauf ab, den zirkulären Charakter eines eines Produktes und des in ihm gebundenen Werkstoffs zu erhöhen. zu erhöhen. (*Abb. 4*) Sie verfolgen drei wesentliche Zielstellungen. Der höchste Grad der Zirkularität ist mittels derjenigen R-Strategien möglich, die eine intelligente Produktherstellung und -nutzung erlauben (R0-R2). Darauf folgen Strategien zur Verlängerung der Lebenszyklen von Produkten (R3-R7). Ist der Lebenszyklus abgeschlossen, zielen die letzten beiden R-Strategien (R8-R9) darauf ab, Material wiederzuverwerten oder Energie zurückzugewinnen, wobei das Ziel sein muss, eine thermische Verwertung wiederverwertbarer Materialien auszuschließen.

Doch auch bei konsequentem Einsatz der R-Strategien wird es immer eine gewisse Menge an Materialverlusten in einer Kreislaufwirtschaft geben. Ein aussichtsreicher Ansatz, um diese unvermeidliche Lücke zwischen Materialverlust und industriellem Bedarf zu kompensieren, ist die Nutzung von erneuerbaren Quellen aus der Biosphäre (zum Beispiel aus Algen, Holz, landwirtschaftlichen Produkten beziehungsweise Abfallstoffen). Biobasierte Werkstoffe sind im Leichtbau gut etabliert und bieten die Möglichkeit, Kohlenstoffdioxid zu binden. Die Her-

ausforderung besteht darin, diese Werkstoffklasse für technische Hochleistungssysteme zu nutzen. Vielversprechende Beispiele sind aktuelle Ansätze zur Herstellung von Kohlenstofffasern aus Ligninen und Zellulose, die im Hightech-Bereich verfolgt werden. Zudem erlauben es biobasierte Kunststoffe, wie zum Beispiel Bio-PP, welches auf Basis von Zuckerrohr hergestellt werden kann, in Zukunft unabhängig von fossilen Rohstoffen zu handeln. Aufgrund der natürlichen Begrenzungen und der möglichen Flächen- und Nutzungskonkurrenzen muss hier der Fokus auf die Kaskadennutzung und die Verwertung von Koppelprodukten oder Reststoffen gelegt werden.

Die im Rahmen dieses Beitrags vorgestellten Ansätze auf Werkstoffebene erlauben es, dem Ideal des Neutralleichtbaus näher zu kommen. Es ist erwartbar, dass sich eine Zunahme von Anreizmaßnahmen auf wesentliche Aspekte des Werkstoffeinsatzes im Leichtbau auswirken wird. Darunter fällt die Reduktion der polymeren und metallischen Werkstoffvielfalt, um eine Wiederverwertung des Materials zu ermöglichen. Auch muss bereits im Entwicklungsprozess ein Recycling von Produkten vorausschauend eingeplant werden. Neue Materialmodelle müssen lebenszyklusübergreifend Werkstoffeigenschaften abbilden, und verunreinigte Stoffströme sind mittels innovativer Recyclingstrategien aufzuwerten, um eine Kreislauffähigkeit zu ermöglichen. Gleichermaßen ist der effiziente Einsatz von R-Strategien notwendig, um Materialien möglichst lange im Kreislauf zu halten. Innovative erneuerbare Werkstoffe bieten eine Möglichkeit, unvermeidbare Materialverluste zu ersetzen. Darüber hinaus ist das Entwickeln von methodischen Kompetenzen notwendig, um die Auswirkungen von Materialien, Design, Technologie und deren Wechselwirkungen auf den gesamten Lebenszyklus des Produktes zu berücksichtigen. Etablierte Entwicklungsprozesse und Technologien, welche derzeit primär technische und ökonomische Aspekte adressieren, sind zu überdenken und optimieren. [6] N

Literaturhinweise

- [1] Store plastic shopping baskets von Geiyuemtamie unter der CC BY-SA 3.0 Lizenz. Online: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/ deed.en"
- [2] Fertigungs- und Recyclingstrategien für die Elektromobilität zur stofflichen Verwertung von Leichtbaustrukturen in Faserkunststoffverbund-Hybridbauweise. Online: https://plattform-forel.de/relei/
- [3] Bauweisen- und Prozessentwicklung für funktionalisierte Mehrkomponentenstrukturen mit komplex geformten Hohlprofilen. Online: https://plattform-forel.de/fupro/

- [4] Recyclinggerechtes Multi-Material-Design für Leichtbaustrukturen. Online: https://plattform-forel.de/mm 4r
- [5] Potting, J.: Circular economy: measuring innovation in the product chain. The Hague: PBL Publishers, 2017
- [6] Kupfer, R.; Schilling, L.; Spitzer, S.; Zichner, M.; Gude, M.: Neutral lightweight engineering: a holistic approach towards sustainability driven engineering. Discov Sustain 3, 17 (2022). Online: https://doi.org/10.1007/ s43621-022-00084-9



DR.-ING. ROBERT KUPFER

ist Leiter der Forschungsgruppe Neutralleichtbau am Institut für Leichtbau- und Kunststofftechnik (ILK) an der TU Dresden.



DIPL.-ING. LEVIN SCHILLING

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Leichtbau- und Kunststofftechnik (ILK) an der TU Dresden.



PROF. DR.-ING. HABIL. MAIK GUDE

ist Inhaber der Professur für Leichtbaudesign und Strukturbewertung an der TU Dresden.



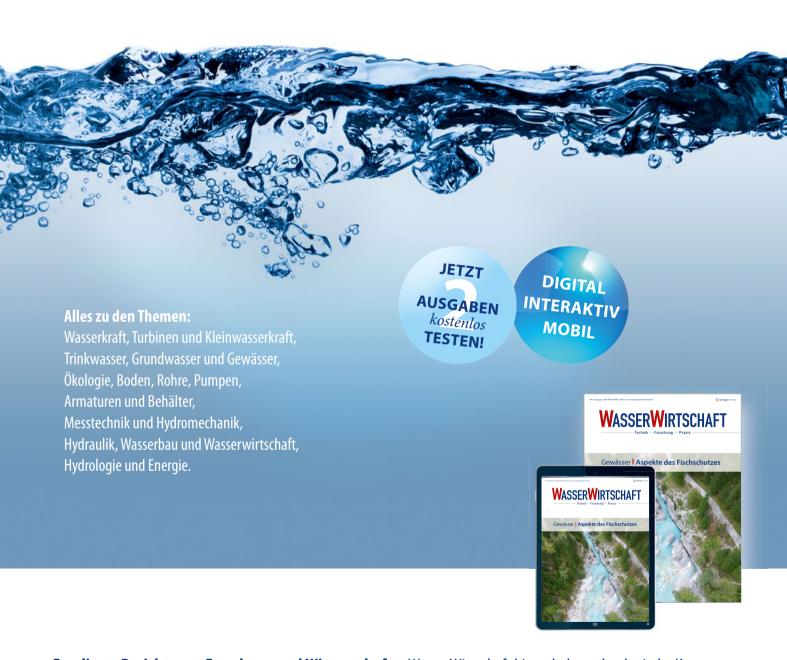
Leichtbau



Thomas Siebel: Was Leichtbau in der H2-Mobilität leisten kann. www.springerprofessional.de/link/23115682

WASSERWIRTSCHAFT

Das Fachmagazin für Wasser und Umwelt.



Fundierte Berichte aus Forschung und Wissenschaft — WasserWirtschaft bietet hohe technologische Kompetenz durch praxisnahe Fachbeiträge. Nutzen Sie den Vorteil der zehn Printausgaben im Jahr zum Vorzugspreis und exklusiv dem **interaktiven e-magazin** mit der beeindruckenden **Wissensdatenbank des Onlinearchivs** mit pdf-Download.

www.meinfachwissen.de/wawi

KUNSTSTOFFRECYCLING – SIND WIR AUF

Standpunkt 1

er Green Deal der Europäischen Union, der Circular Economy Action Plan innerhalb dieses Green Deals, der Abschnitt zum Thema Kreislaufwirtschaft im Koalitionsvertrag der deutschen Regierung, die Einführung einer Kunststoffsteuer in Großbritannien oder die beschlossene Einführung eines Pfandsystems in Österreich – all das und noch viele weitere Entwicklungen sind Belege dafür, dass wir uns in einer Zeit des Aufbruchs und des Wandels hin zu einer modernen und globalen Kreislaufwirtschaft befinden. Nie zuvor hat es für dieses essenzielle Thema eine so große Aufmerksamkeit in der gesellschaftlichen, medialen und auch politischen Öffentlichkeit gegeben. Die Brisanz der Ressourcenknappheit wird immer präsenter, und wir beginnen zu erkennen, dass zirkuläre Ansätze zu den wichtigsten Schlüsseln bei der Bewältigung dieser Bedrohung zählen.

Kunststoffrecycling ist ein solcher Lösungsansatz, der gleich mehreren Herausforderungen begegnet. Die Sammlung, Sortierung und Verwertung von Kunststoffabfällen verhindern, dass diese Abfälle in der Natur enden und damit die Umwelt belasten. Die aus der Verwertung gewonnenen Rohstoffe können im Kreislauf gehalten und für die Herstellung neuer Produkte oder Verpackungen verwendet werden – so werden natürliche Ressourcen geschont. Durch die Wiederaufbereitung eines Wertstoffs sparen wir im Verhältnis zur Neuerzeugung erheblich an Energie ein. Und auch auf die Klimabilanz wirkt sich hochwertiges Recycling positiv aus und hilft dabei, tonnenweise klimaschädliche Treibhausgase einzusparen.

Kunststoffrecycling ist – nach der Vermeidung von vermeidbaren Abfällen und der bestmöglichen Wiederverwendung gebrauchter Produkte – nachgewiesenermaßen ein unverzichtbares Werkzeug in einer modernen Kreislaufwirtschaft. Die eingangs erläuterten Entwicklungen zeigen,

dass wir uns in Deutschland und auf EU-Ebene derzeit auf dem richtigen Weg befinden, dieses Werkzeug optimal einzusetzen. Allerdings haben wir auch noch ein gutes Stück dieses Weges zu gehen. Wir wollen und müssen noch besser werden. Indem die Industrie dazu angehalten wird, Produkte und Verpackungen recyclingfähiger zu gestalten. Indem Verbraucherinnen und Verbraucher motiviert werden, sowohl während des Gebrauchs als auch bei der Entsorgung verantwortungsvoll mit Ressourcen umzugehen. Indem wir weiter investieren, um die Sortierungs- und Recyclingtechnologie so effizient wie möglich zu gestalten. Und indem illegale Geschäfte mit Abfällen noch konsequenter verfolgt und unterbunden werden.

"Ich bin überzeugt davon, dass wir als Branche in die richtige Richtung arbeiten."

Ich bin überzeugt davon, dass wir als Branche in die richtige Richtung arbeiten und bereits heute einen wichtigen Beitrag leisten, der in Zukunft immer größer werden wird. Um unsere Ziele zu erreichen und den richtigen Weg, auf dem wir uns befinden, bis zum Ende zu gehen, müssen wir aber alle gemeinsam an einem Strang ziehen.



DR. FRITZ FLANDERKA

ist seit 2005 Geschäftsführer der Reclay Group. Der Jurist hat zuvor in seiner Tätigkeit als Generalbevollmächtigter von Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland und als Geschäftsführer von PRO Europe am Aufbau des dualen Systems in Deutschland und der europäischen Dachorganisation entscheidend mitgewirkt.

DEM RICHTIGEN WEG?

Standpunkt 2

aut der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) werden heute global 460 Millionen t Kunstsoff jährlich produziert. 2050 werden es voraussichtlich 1,6 Milliarden t sein. Die CO₂-Emissionen aus der Herstellung, dem Recycling und der thermischen Verwertung von Kunststoffen werden von IPEN auf kumuliert inakzeptable 56 Gt CO₂ zwischen 2020 und 2050 geschätzt.

Der Anteil kurzlebiger Verpackungskunststoffe an den gesamten Kunststoffabfällen beträgt in der EU circa 60 %. In großen Teilen der EU gelangen sie wegen unzureichender Sammlungssysteme häufig unkontrolliert in die Umwelt. Der globale Handel verteilt diese Produkte in Empfängerländer, die nicht über die erforderliche Entsorgungsinfrastruktur verfügen. Verbreitete illegale Verbringung von Verpackungskunststoffabfällen verschmutzt zusätzlich die Umwelt. Geschätzte 10 Millionen t Kunststoffabfälle, vor allem Verpackungen, gelangen jährlich in die Weltmeere.

Die EU setzt seit 2013 verstärkt auf das Recycling als Kern einer sogenannten Kreislaufwirtschaft. Die SUP-Richtlinie (Single Use Plastics Directive) definiert Mindestrezyklatanteile in bestimmten Produkten. Die Verpackungsrichtlinie definiert anspruchsvolle Recyclingquoten für Verpackungskunststoffe. Eine ganze Reihe derzeit in Bearbeitung befindlicher EU-Rechtsinstrumente wird diesen Trend verstärkt fortsetzen, um langfristig die Recyclingquoten zu erhöhen.

Zu einer effektiven Problemlösung wird all dies wenig beitragen, denn das Recycling-Narrativ ist an sich irreführend. Es baut auf dem Abfallbegriff auf und nährt vor allem die Illusion, eine entgrenzte Überproduktion von Kunststoffen sei unbedenklich. Indessen sind weder getrennte Sammlung noch sorgsame Aufbereitung von Kunststoffabfällen als unabdingbare Voraussetzung in weiten Teilen der EU auf absehbare Zeit flächendeckend verwirklicht oder zu verwirklichen.

Doch selbst wenn Kunststoffverpackungsabfälle überall getrennt gesammelt, aufbereitet und recycelt werden wür-

den, wären die damit verbundenen CO₂-Emissionen deutlich zu hoch, insbesondere, wenn das Rezyklat nicht Neuware substituiert, sondern lediglich zu der um 4 % stetig wachsenden Kunststoffmenge hinzukommt.

"Wer glaubt, der Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaft führe vor allem über das Recycling, der irrt."

Wir sind auf dem falschen Weg. Wer glaubt, der Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaft führe vor allem über das Recycling, der irrt. Das Gebot der Stunde ist eine weitaus geringere und selektivere Produktion von Kunststoffen bei gleichzeitig gesteigertem Recycling. Anstatt in erster Linie auf Recycling zu setzen, müsste eine radikale Produktpolitik jetzt den Übergang von einer Verbrauchsökonomie zu einer Gebrauchsökonomie gestalten und damit vor allem die Abfallvermeidung fördern. Hierzu bedürfte es weit schärferer gesetzgeberischer Eingriffe und einer rigorosen Rechtsdurchsetzung. Vor allem Einmalkunststoffe hätten dann nur noch dort Raum, wo ihr Gebrauch wirklich essenziell ist, was selten der Fall sein dürfte. Die derzeitige Produktverantwortung für Abfall wäre konsequent zu einer Produktverantwortung für Nachhaltigkeit weiterzuentwickeln.



PROF. DR. JUR. HELMUT MAURER

ist seit Juli 2022 im Ruhestand, nachdem er als juristischer Hauptverwaltungsrat "Senior Expert" in der Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission zuletzt zuständig war für den Bereich Chemikalien und Kreislaufwirtschaft. Er trat 2002 in die Kommission ein, zuvor war er langjährig als Anwalt und Hochschullehrer tätig.

"DAS INTERESSE AN BIOKUNSTSTOFFEN STEIGT IN ALLEN BRANCHEN"

Biokunststoffe stellen eine umweltverträglichere Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen dar. In verschiedenen Branchen wächst die Nachfrage nach den biobasierten und bioabbaubaren Werkstoffen. Im Interview geht Constance Ißbrücker vom Verband European Bioplastics auf Marktentwicklungen, Nachhaltigkeit und Zukunft der Materialien ein.

Biokunststoff ist ein Sammelbegriff für biobasierte und für bioabbaubare Kunststoffe, die wiederum erdöl- oder pflanzenbasiert sein können. Wie gestaltet sich der Markt aktuell?

Die meisten Biokunststoffe auf dem Markt sind biobasiert und mehr als die Hälfte davon auch biologisch abbaubar und kompostierbar. Nur wenige der bioabbaubaren Polymere wie PBAT sind noch vorwiegend erdölbasiert und es gibt auch hier schon teilbiobasierte Lösungen. PBAT beziehungsweise Blends mit PBAT finden sich häufig im Verpackungsbereich. Das ist der nach wie vor dominierende Sektor, sowohl bei Biokunststoffen als auch bei konventionellen Kunststoffen.

Für welche Biokunststoffe rechnen Sie in den nächsten Jahren mit dem stärksten Wachstum?

Weiteres Wachstum erwarten wir bei Biokunststoffen, die für die Herstellung von Verpackungen relevant sind. Nicht zuletzt zeigt auch das ebenfalls schon im Markt etablierte PLA eine Zunahme der globalen Produktionskapazitäten in den nächsten Jahren. An biobasierten Lösungen sind zunehmend auch Sektoren interessiert, in denen eine bestimmte Funktionalität der Polymere wichtig ist. Für biobasierte Polyamide wird ebenfalls ein starkes Wachstum projiziert. Sie werden teilweise schon seit vielen Jahrzehnten aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und spielen unter anderem im Automobilbereich eine wichtige Rolle. Doch auch sogenannte Drop-in-Lösungen, wie Bio-PE und Bio-PP, wird es bald vermehrt auf dem Markt geben.

ZUR PERSON

Constance Ißbrücker

Constance Ißbrücker studierte organische und makromolekulare Chemie an der Universität Jena. Sie arbeitete in verschiedenen Forschungsgruppen an den Universitäten in Berlin und Jena, bevor sie 2013 zum Verband European Bioplastics wechselte. Seit 2016 ist sie die Leiterin des Bereichs Umweltangelegenheiten und unter anderem verantwortlich für die Produktgruppen biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe, die Normung von Biokunststoffen sowie die Marke Seedling.

Welche Bedeutung haben Biokunststoffe in Deutschlands größter Industrie, dem Automobilbau?

Die Automobilbranche nutzt Biokunststoffe bereits seit einigen Jahren mit nach wie vor steigender Tendenz. Tatsächlich hat aber schon vor über 100 Jahren Henry Ford mit nachwachsenden Rohstoffen und Materialien basierend auf Weizen oder Soja gearbeitet. Heute kommen vielfach Performancepolymere wie beispielsweise PTT oder eben bestimmte biobasierte Polyamide zum Einsatz. Einige biobasierte Polyester bieten zum Beispiel eine bessere Temperaturwechselbeständigkeit oder leichtere Verarbeitung als vergleichbare konventionelle Kunststoffe, die im gleichen Bereich angewendet werden.



"Es ist ein Mythos, dass Kunststoffe aus biobasierten Rohstoffen mit der Produktion von Nahrungsmitteln konkurrieren."

Welche anderen Sektoren setzen auf Biokunststoffe?

Zum Beispiel die Spielzeugbranche, die zunehmend nach nachhaltigeren Lösungen sucht. Dort hat sich das Verhalten der Konsumenten, überwiegend der Eltern, in den letzten Jahren immer mehr in diese Richtung entwickelt. Daneben findet man Biokunststoffe im Elektronikbereich, bei textilen Anwendungen und auch im Bauwesen. In der Medizintechnik steigt das Interesse ebenfalls, da es viele Einweganwendungen gibt und diese aufgrund der Kontaminierung nur eingeschränkte Entsorgungsmöglichkeiten aufweisen. Hier lohnt es sich, auf biobasierte Lösungen zu setzen, da im Falle der Verbrennung des Materials biogener Kohlenstoff als ${\rm CO}_2$ wieder freigesetzt wird, der vorher aus der Luft – durch Fotosynthese der Pflanzen – gespeichert wurde. So schließt sich, vereinfacht gesprochen, der Kohlenstoffkreislauf.

Welche Entwicklungen sind nötig, damit sich Biokunststoffe noch stärker im Kunststoffmarkt etablieren?

Ich denke, entscheidend wird sein, welcher Weg in Zukunft politisch gegangen wird. Es gibt, bis auf einzelne Ausnahmen wie zum Beispiel Kunststofftragetaschen, keine EU-Gesetzgebungen, die Biokunststoffe in irgendeiner Form besonders hervorheben oder unterstützen. Das wird sich dieses Jahr ändern, denn die Kommission plant, politische Rahmenbedingungen für biobasierte, bioabbaubare und kompostierbare Kunststoffe auf den Weg zu bringen. Welchen Einfluss das auf die Biokunststoffindustrie haben wird und ob dieser eher positiv oder nega-

tiv sein wird, bleibt abzuwarten. Die Grundlagen und notwendige Studien sind vorhanden.

Was zeichnet die Biokunststoffe im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffen aus?

Theoretisch gibt es für jeden fossilbasierten Kunststoff auch eine biobasierte Alternative, und bezüglich technischer Eigenschaften, wie zum Beispiel die im Verpackungsbereich wichtigen Barriereeigenschaften, brauchen sich Biokunststoffe alles andere als zu verstecken. Im Gegenteil: Einige neue Polymere wie PEF zeigen sogar bessere Barrierewirkungen als das vergleichbare PET. Dazu kommt natürlich, dass viele Biokunststoffe auch kompostierbar und in vielen Fällen auch unter anderen Bedingungen biologisch abbaubar sind. Außerdem darf man nicht vergessen, dass die meisten Biokunststoffe trotzdem auch noch mechanisch recyclingfähig sind!

Gibt es für das End-of-Life denn schon umfassende Standards?

Vor allem für die biologische Abbaubarkeit von Kunststoff unter Kompostierungsbedingungen gibt es bereits ausreichend Standardspezifikationen, insbesondere für die industrielle Kompostierung. Hier sind die Regularien weitestgehend ausformuliert. Auch für Mulchfolien gibt es bereits einen EU-Standard mit klaren Anforderungen für die biologische Abbaubarkeit im Boden. Sowohl für die Kompostierbarkeit in Industrieanlagen

oder im Gartenkompost als auch für den Abbau von Biokunststoff im Boden gibt es Zertifizierungen und zugehörige Labels.

Wer prägt den Markt: die etablierte Kunststoffindustrie oder neue, kleinere Unternehmen?

Mittlerweile haben wir eine gute Mischung. Pioniere sind aber tatsächlich eher kleinere Unternehmen, die sich vollkommen dem Biokunstoff verschrieben haben. Einige davon sind Ausgründungen größerer Unternehmen und haben sich über die Jahre selbst einen guten Namen gemacht. Auch die ganz großen Chemiefirmen haben Biokunststoffe schon seit längerer Zeit im Blick. Derzeit gibt es auch bei den seit Langem etablierten großen Kunststoffunternehmen kaum noch eines, das nicht in irgendeiner Form eine Lösung aus erneuerbaren Ressourcen im Portfolio hat.

Fokussiert sich die etablierte Kunststoffindustrie nicht eher auf Kreislaufwirtschaft mit fossilbasierten Kunststoffen?

Auch die großen Kunststoffhersteller haben verschiedene nachhaltige Lösungen schon seit längerer Zeit im Blick. Da es wenig politischen und gesellschaftlichen Druck gab und der Fokus eher auf einer Stärkung und Verbesserung des mechanischen Recyclings lag und nach wie vor liegt, spielen Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen leider immer noch eine eher nebensächliche Rolle. In letzter Zeit steigt jedoch das Interesse an biobasierten Kunststoffen auch bei größeren Firmen. Dabei wird auch auf Lösungen gesetzt, die auf dem Massenbilanz-Prinzip basieren. In diesem Bereich gibt es mittlerweile Standards und Zertifizierungen, die auch für die Nutzung von mechanisch und chemisch recycelten Rohstoffen genutzt werden.

Bis zum Jahr 2045 will die EU klimaneutral wirtschaften. Wie könnte der Kunststoffmarkt bis dahin aussehen?



DROP-IN-LÖSUNG

Drop-in-Biokunststoffe sind Kunststoffe, deren chemische Struktur mit der herkömmlicher Kunststoffe identisch ist. Die Grundbausteine dieser Biokunststoffe werden statt aus Erdöl aus nachwachsenden Rohstoffen (zum Beispiel Zuckerrohr) hergestellt. Für die Weiterverarbeitung zu Endprodukten können die gleichen Maschinen und Verfahren genutzt werden wie für die fossilbasierten Pendants.

Die Ideallösung wäre, durch verschiedene Recyclingverfahren Kunststoffe beziehungsweise deren Polymere und Monomere so lange wie möglich im Kreislauf zu halten. Da es den idealen Kreislauf ohne Verlust von Material oder auch Polymerqualität nicht geben wird, sollte notwendiges Neumaterial aus nachwachsenden Rohstoffen bereitgestellt werden. So macht man sich unabhängig von fossilen Ressourcen und den damit verbundenen klimaschädlichen Förderungsverfahren. Bei entsprechender politischer Förderung ist dieses Szenario in 20 Jahren durchaus zu erreichen.

Nachwachsende Rohstoffe wachsen auf Agrarflächen. Wie kann sichergestellt werden, dass der Anbau für Biokunststoffe nicht mit der Nahrungsmittelproduktion konkurriert?

Es ist ein Mythos, der sich leider hartnäckig hält, dass Kunststoffe aus biobasierten Rohstoffen mit der Produktion von Nahrungsmitteln konkurrieren. Die Fläche, die für den Anbau von Biokunststoffen weltweit benötigt wird, beträgt derzeit circa 700.000 ha. Das sind gerade einmal 0,01 % der gesamten weltweiten Agrarfläche. Selbst bei dem vorhergesagten Wachstum werden es in einigen Jahren nicht mehr als 0,1 % sein. Nachhaltige Beschaffung ist natürlich ein Muss, aber in diesem Fall stellen sich eher Fragen nach gerechter Lebensmittelverteilung, Lebensmittelverschwendung in westlichen Ländern sowie die Notwendigkeit des derzeit hohen Fleischverbrauchs in ebendiesen Gegenden. Der mit Abstand größte Teil der globalen Agrarfläche wird derzeit als Weideland für Nutztiere genutzt beziehungsweise um Futter für diese anzubauen.

Manche bioabbaubaren Kunststoffe lassen sich nicht auf herkömmlichem Wege recyceln. Wie muss sich die Entsorgung auf die wachsenden Biokunststoffmengen einstellen?

Rein theoretisch könnte man natürlich alle Kunststoffe und damit auch Biokunststoffe in irgendeiner Art und Weise recyceln. Entscheidend sind die Stoffströme, denn hier gibt es bekanntermaßen eine Positivsortierung entsprechend den Kunststoffen mit dem höchsten Marktvolumen, also zum Beispiel HDPE, LDPE, PP oder PET. Die entsprechenden biobasierten Drop-in-Lösungen können hier natürlich einfach mit verwertet werden. Zudem kann die heutzutage immer häufiger eingesetzte Nahinfrarottechnik alle Polymere auf dem Markt problemlos unterscheiden. Was nicht zu den eben genannten relevanten Recyclingströmen gehört, wird aussortiert und in der Regel einer Restverwertung zugeführt.

In der Spielzeugbranche ist das Interesse der Konsumenten an Biokunststoffen in den vergangenen Jahren immer mehr gestiegen

Wie sieht es mit den Biokunststoffen aus, die keine Drop-in-Lösungen sind?

So ein innovatives, neueres Material ist beispielsweise PLA. PLA ist industriell kompostierbar, aber es ist auch mechanisch – und übrigens auch chemisch – rezyklierbar. Aufgrund der geringen Marktmenge wird es derzeit meist noch aussortiert, und bisher nur sehr wenige Recyclingunternehmen in Europa verwerten das Material zu rPLA. Mit steigendem Marktvolumen kann sich das aber bereits in wenigen Jahren ändern.







Auch bei textilen Anwendungen rückt der Fokus immer mehr auf Biokunststoffe

Grundsätzlich ist es aber so, dass bioabbaubare Anwendungen – damit meine ich solche, die kompostierbar sind und daraufhin geprüft und zertifiziert sind – gar nicht in den mechanischen Recyclingströmen landen sollten. Die Idee ist, dass solche Produkte mit dem Bioabfall entsorgt werden, denn nachgewiesenermaßen helfen sie, dass mehr Biomüll gesammelt und dann auch kompostiert wird. Damit werden wiederum andere Entsorgungsströme, wie zum Beispiel das mechanische Recycling, vor Kontamination geschützt.

Die EU fördert Biokunststoffe nur, wenn sie erwiesenermaßen nachhaltiger sind als fossile Kunststoffe. Welche heute bekannten Biokunststoffe dürften es in Zukunft schwer haben?

Das kann man nicht pauschal beantworten. Im ersten Moment würde man vielleicht an die kleine Gruppe Biokunststoffe denken, die derzeit noch erdölbasiert sind, aber unter bestimmten Bedingungen biologisch abbaubar sind. Aber selbst diese Polymere werden zunehmend aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Das ist die derzeitige Tendenz in Forschung und Entwicklung, sodass langfristig in diesem Bereich keine Diskussion mehr nötig sein wird. Es bleibt die Frage, wie man dieses "nachhaltiger" bewertet.

Wären Ökobilanzen kein geeignetes Mittel?

Vergleichende Ökobilanzen können derzeit keine Grundlage sein, um solche Aussagen zu treffen. Ganz besonders, wenn der Vergleich mit fossilbasierten Polymeren angestrebt wird. Eine Nachhaltigkeitsbewertung schließt aber natürlich nicht nur Umweltfragen mit ein, sondern sollte auch immer einen sozioökonomi-

Theoretisch gibt es für jeden fossilbasierten Kunststoff auch eine biobasierte Alternative.

schen Aspekt beinhalten. Die Biokunststoffindustrie bekennt sich bereits dazu, wichtige Kriterien zu erfüllen – auch hier gibt es bereits etablierte Zertifizierungsstandards. Wichtig bleibt, sich zu verinnerlichen, dass nachhaltige Beschaffung und der Nachweis für Biokunststoffe unerlässlich sind. Gleiches muss aber auch für konventionelle Kunststoffe gelten. Wenn diese nicht im gleichen Maße einen Nachweis über ihre Nachhaltigkeit erbringen, weder ökologisch und noch weniger im ökonomischen oder sozialen Bereich, kommt dies einem Freifahrtschein gleich. Wenn hier endlich einheitliche Wettbewerbsbedingungen gefunden werden, sollten es die meisten Biokunststoffe in Zukunft eher leichter haben. Nicht zuletzt, weil schon viel Vorarbeit in diesem Bereich geleistet wurde.

Vielen Dank für das Interview, Frau Ißbrücker! N

Das Interview führte Thomas Siebel, Redakteur



Kunststoffe

Christoph Berger: So machen Kunststoffe den Automobilbau nachhaltiger. https://www.springerprofessional.de/link/23143238

3 FRAGEN 21

STAHL – EIN NACHHALTIGER WERKSTOFF FÜR DIE INDUSTRIE?

Stahl gilt nicht gerade als nachhaltiger Werkstoff, vor allem wegen des hohen Energieverbrauchs bei seiner Erzeugung. Aber das ist nur die halbe Wahrheit. Wir sprachen mit Dr.-Ing. Stefanie Brockmann, geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Stahlinstituts VDEh, über den Status quo, Perspektiven und die Rolle der Politik.

> Stahl gilt eher als Old-School-Material. Warum ist er dennoch ein zukunftsfähiger Werkstoff?

Old-School-Material – eine ungewöhnliche Bezeichnung für den Konstruktionswerkstoff Nummer 1 in der Welt. Autos, Züge, Schiffe und Häuser – Stahl trägt und bewegt die Welt. Stahl ist Weltmeister in Recycling und Kreislaufwirtschaft. Rund 84 % des jemals produzierten Stahls ist noch im Einsatz. Und als Werkstoff für Anlagen, Behälter, Werkzeuge und Windräder macht er Umweltschutz und Kreislaufwirtschaft erst möglich – auch für andere Werkstoffe. Natürlich ist Stahl in der Herstellung energieintensiv; aber man muss die Ökobilanz in der gesamten Wertschöpfungskette betrachten.

► Deutschland will bis 2045 klimaneutral werden. Wie kann die Stahlindustrie dieses Ziel erreichen?

Der größte Anteil der CO₂-Emissionen bei der Stahlerzeugung entsteht bei der Reduktion des Eisenerzes. Jahrhundertelang wurde für diesen Prozess Kohle verwendet. Aber Wasserstoff kann das auch! Und statt CO₂ entsteht dann Wasser. Allerdings muss molekularer Wasserstoff durch Elektrolyse hergestellt werden. Elektrolyseanlagen mit großer Kapazität existieren bisher aber nicht. Außerdem benötigen wir enorme Mengen elektrischer Energie für diesen Prozess. Wenn der Strom grün sein soll, brauchen wir deutlich mehr Anlagen zur Gewinnung regenerativer Energien, als wir in Deutschland haben. Also müssen wir über zusätzliche Alternativen nachdenken, zum Beispiel den verstärkten Import von Wasserstoff. Weiterhin können wir mit einem erhöhten Schrotteinsatz den Bedarf an Reduktionsmitteln und somit den CO₂-Ausstoß erheblich mindern, Werkstoffkreisläufe und Circular Economy sind wichtige Aspekte der Transformation.

Was schafft die Stahlindustrie alleine? Wo und wie müssen die deutsche und europäische Politik unterstützen?

Wenn eine Branche einen grundsätzlichen Technologiewechsel vollzieht, stehen natürlich immense Investitionskosten an. Die In-



Seit Januar 2022 ist Dr.-Ing. Stefanie Brockmann geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Stahlinstituts VDEh. Sie hat Metallurgie und Werkstofftechnik studiert und begann 2000 ihre Laufbahn in der Abteilung Werkstofftechnik des VDEh, die sie zuletzt leitete.

vestitionen werden allein in Deutschland auf 30 Milliarden Euro geschätzt. Hier ist die Politik gefragt, die für eine schnelle und unbürokratische Akquise von Fördergeldern sorgen und Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigen muss. Eine Herausforderung ist, dass grüner Stahl höhere Betriebskosten in der Herstellung verursacht. Auch hier muss die Politik aktiv werden, denn wir sind auf dem Weg zur Klimaneutralität auf konsistente politische Rahmenbedingungen angewiesen. Grüner Stahl steht im Wettbewerb mit herkömmlichem Stahl, vor allem auf den internationalen Märkten. Dafür brauchen wir sogenannte grüne Leitmärkte, deren Grundidee es ist, eine gezielte Nachfrage nach klimafreundlichem Stahl anzureizen. Sollten sich die grünen Leitmärkte dann mittelfristig etabliert haben, lässt sich die staatliche Anschubfinanzierung sicherlich minimieren und perspektivisch sogar ablösen.

VDEh

ALUMINIUM AUF RECYCLING UND KREISLAUFWIRTSCHAFT AUSRICHTEN

SUSANN AAMARA

Die Aluminiumindustrie trägt mit einem durchschnittlichen Ausstoß von 1,1 Milliarden t CO₂-Äquivalente (CO₃e) pro Jahr zu 2 % der weltweiten Emissionen bei. [1] Mit diesem Umfang trägt sie eine besondere Verantwortung, ihren Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen des Pariser Abkommens zu leisten. Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, muss die Branche ihre CO₂-Emissionen bis 2050 um 80 % senken. [2] Dies braucht neue Wege der Kollaboration und eine klare Ausrichtung auf Kreislaufwirtschaft und Recycling.

ehr als 90 % der CO₂-Emissionen der Aluminiumindus-Ltrie entstehen auf der Ebene der Primärmaterialgewinnung und -produktion (Bauxitabbau, Transport, Schmelzfluss-Elektrolyse). [1] Daher ist die Dekarbonisierung der Primärproduktionsprozesse der erste notwendige Schritt in Richtung Klimaneutralität der Branche. Dies wird jedoch bei Weitem nicht ausreichen. Die Aluminiumindustrie muss einen viel größeren Beitrag leisten und systemisch umdenken beziehungsweise umbauen. Jegliche Produktionsprozesse, vom Design bis zur Fertigstellung von Konsumgütern, müssen konsequent ausgerichtet sein auf die kohlenstoffarme und energieeffiziente Verarbeitung von Materialien, deren Rückführung aus gebrauchten Produkten am Ende ihres Lebenszyklus zurück in die Produktion und grundsätzlich die Vermeidung von Abfällen und Verschwendung kostbarer Ressourcen.

Zentraler Treiber für Kreislaufwirtschaft und Energieeffizienz

Noch heute befinden sich 75 % des seit 100 Jahren produzierten Aluminiums in Verwendung. [3] Das macht das Material zu einem echten Vorbild für Kreislaufwirtschaft und einem Motor

Noch heute befinden sich 75 % des seit 100 Jahren produzierten Aluminiums in Verwendung.

für die Dekarbonisierung. Als Verpackungsmaterial beispielsweise für Getränke werden heute 70 % des verwendeten Materials zu neuen Produkten recycelt - fast doppelt so viel wie bei Glas (34 %) oder Kunststoff (40 %). [4] Neben der Verwendung für Lebensmittel- und Getränkeverpackungen ist Aluminium auch ein nachhaltiger Werkstoff für eine breite Palette anderer Produkte, von Gebäude- und Fassadenkonstruktionen über elektronische Geräte bis hin zu Mobilitätslösungen für Land, Luft oder See. Aluminium findet sich in Gebrauchsgegenständen und Konsumgütern, die täglich von einer großen Bandbreite an Industriebranchen gefertigt werden und zu dessen Kauf beziehungsweise Gebrauch sich täglich unzählige Endkonsumenten bewusst oder auch unbewusst entscheiden.

Neben der unendlichen Recycelbarkeit von Aluminium liegt das Potenzial vor allem in der niedrigen Energiebilanz



bei der Wiederverwertung des Materials. Denn das Recycling spart 95 % der Energie, die zur Herstellung von Primäraluminium erforderlich ist. [5] Das Kreislaufmodell sorgt somit also nicht nur für eine deutliche Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks, sondern für eine ebenso deutliche Verringerung des Energieverbrauchs. Die Produktion in Kreislaufsystemen und der neue Umgang mit verbrauchten Materialien – weg vom Abfall und hin zu wertvollen, wiederverwertbaren Ressourcen – sind heute daher zentrale Ansätze für die Entwicklung nachhaltiger Industrieprozesse.

Indirekte CO₂-Einsparung durch den Einsatz von Aluminium

Ein weiteres Potenzial von Aluminium für die Entwicklung von kohlenstoffarmen Produkten liegt in der Leichtigkeit und gleichzeitig hohen Stabilität des Materials. Gerade für innovative Lösungen, wie für den Leichtbautrend in der Elektromobilität, bietet der Einsatz von Aluminium deutliche Vorteile im Vergleich zu anderen Metallen. Gegenüber Stahl beispielsweise kann Aluminium bei vergleichbarer oder besserer Performance eine Ge-





Novelis hat in Sierre das Innovations- und Forschungshub "Net Zero Lab Valais" zur Förderung CO₂-neutraler Lösungen im Bereich der Aluminiumverarbeitung eröffnet

wichtseinsparung von bis zu 45 % für die gesamte Karosserie erreichen. [6] Damit kann die Batteriereichweite im Elektrofahrzeugmarkt deutlich erhöht und der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren enorm reduziert werden, was sich in hohen CO₂-Emissions-Einsparungen widerspiegelt.

Ein Blick in die Zukunft zeigt außerdem, dass hier nicht mehr nur die Rede von einem Trend sein kann. In 2021 war mit 9,1 % circa jeder zehnte Neuwagen in der EU ein Elektroauto. Zählt man die Plug-in-Hybride hinzu, kamen elektrifizierte Pkws auf einen Marktanteil von 18 %. Im Jahr zuvor lag dieser Anteil noch bei 10,5 %. [7] Das ist ein sehr rascher Anstieg, der sich weiter fortsetzen wird. So wird bis 2035 erwartet, dass 100 % der Automobilverkäufe in den größten Märkten (Europa, China, USA) auf Elektrofahrzeuge entfallen. [8] Dementsprechend müssen Industrie und Politik auch die Bereitstellung von recyceltem Material vorantreiben, um dem steigenden Bedarf an kohlenstoffarmem und nachhaltigem Aluminium angemessen begegnen zu können.

Dekarbonisierung in bestehenden und neuen Kollaborationsmodellen

Um den nötigen Systemwandel und die Dekarbonisierung der Aluminiumindustrie stemmen zu können, müssen alle Akteure – darunter Industriepartner, Kunden, Zulieferer – zusammenarbeiten. Novelis, Hersteller und Recycler von Aluminiumprodukten, betreibt dazu in Europa sechs Forschungs-, Entwicklungs- und Kundenlösungszentren, um für die immer

komplexeren Produktanforderungen innovative Aluminiumlösungen mit geringeren Kohlenstoffemissionen zu entwickeln. Neben der Entwicklung neuer Aluminiumlegierungen, werden gemeinsam mit den Kunden Closed-Loop-Recycling-Systeme implementiert, in denen entstehende Produktionsschrotte direkt und sortenrein zurückgeführt werden können. Bereits in der Designphase müssen Demontageprozesse berücksichtigt werden, um die Sammlung, Sortierung und Wiederverwertbarkeit der Materialien auch am Produktlebensende zu erhöhen. Das End-of-Life-Recycling ist ein enorm wichtiges Ziel der Branche, denn das Schließen des Kreislaufs erhält den Wert der Legierung, reduziert Sortier-, Recyclingund Transportkosten, minimiert die Umweltbelastung und



END-OF-LIFE-RECYCLING VON FAHRZEUGEN

Bei den derzeitigen Verfahren für das Recycling von Altfahrzeugen landen die Autos oft in Schredderanlagen, wo sie zu Ballen aus gemischten Materialien gepresst werden. Dies führt häufig dazu, dass die gewonnenen Metallschrotte eine niedrige Materialqualität aufweisen und nicht optimal wiederverwertet werden können. Der Aluminiumsektor hat gerade erst damit begonnen, wertvollen Automobilschrott in einer höheren Qualität zurückzugewinnen. Novelis hat das erste geschlossene Recyclingsystem für Automobilaluminium entwickelt und baut sein Netz an geschlossenen Kreislaufsystemen mit OEMs stetig weiter aus.

schafft eine sichere Lieferkette. Neben den kreislauffähigen Produktsystemen müssen zudem datengestützte Prozesse etabliert werden, die Verluste und Abfälle noch stärker als bisher vermeiden. Das funktioniert nur in enger Zusammenarbeit mit den Kunden und entlang der gesetzten Nachhaltigkeitsziele aller Beteiligten.

Um das volle Potenzial moderner Kollaboration zu heben, muss die Branche allerdings einen großen Schritt weitergehen. Im Fokus steht hier die Entwicklung neuer Konzepte und Geschäftsmodelle, die aktuelle Herausforderungen auch außerhalb der Unternehmensgrenzen holistisch betrachten und Lösungen innerhalb eines Ökosystems mit mehreren Akteuren suchen. Novelis kooperiert im Rahmen seines Projekts "Net Zero Labs" oder auch in der Initiative "Startup Autobahn" unter anderem mit etablierten Forschungseinrichtungen, lokalen Energieversorgern und Innovationsplattformen, um gemeinsam an übergreifenden Dekarbonisierungslösungen zu arbeiten.

Aluminium-Recycling benötigt eine effiziente Infrastruktur

Neben steigendem und auch vernetzterem Engagement der Wirtschaft, wächst auch das gesellschaftliche Bewusstsein für nachhaltigen Konsum und Abfallvermeidung. Um diesem gerecht zu werden und dieses weiter zu fördern, braucht es eine effiziente Infrastruktur. Hier sind die richtige Weichenstellung der Politik für den gesetzlichen Rahmen sowie zusätzliche Investitionen in eine nachhaltige Wertschöpfungskette unabdingbar. Die Verfügbarkeit und Qualität von Aluminiumschrott ist aktuell häufig eine Herausforderung. Es gibt derzeit noch immer zu viel Schrott, der nicht gesammelt wird und stattdessen auf einer Deponie landet oder als Gemisch mit verschiedenen Nicht-Aluminium-Materialien nicht optimal wiederverwendet werden kann. Um höhere Recyclingraten und die Rückführung von Aluminium und anderen wertvollen Materialien zu unterstützen, braucht es eine optimierte Sammlung von Schrotten. Zudem werden neue und effizientere Sortiertechnologien benötigt, um neben der Quantität auch die Qualität der wiedergewonnenen Materialien zu erhöhen. Hier müssen Städte und Gemeinden die notwendige Infrastruktur aufbauen und der Staat die richtigen Anreize setzen, sodass Unternehmen wie auch Privatpersonen ihren Teil zum Recycling beitragen können. Zum Erreichen der gesetzten Nachhaltigkeitsziele und wichtigen Zwischenschritte braucht es die Unterstützung und das Engagement von Industrie, Politik und

Konsumenten. Nur so kann der Wandel weg von linearen Geschäftsmodellen zu einer echten Kreislaufwirtschaft gelingen, um unsere wertvollen Ressourcen nachhaltig zu schonen. ▶

Literaturhinweise

- [1] World Economic Forum: Aluminium for Climate: Exploring pathways to decarbonize the aluminium industry; Community report, November 2020
- [2] International Aluminium Institute: GHG Pathway report, 2021
- [3] Aluminium Deutschland e. V. (Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V.). Online: http://www.aluinfo.de/files/_media/dokumente/Downloads/Fact%20Sheets/Verpackungen/FS7-Getraenkedose.pdf, 2019
- [4] Eunomia Research & Consulting: A Circularity Case for Aluminium Compared with Glass and Plastic (PET), März 2022
- [5] European Aluminium Association. Online: https://european-aluminium. eu/media/3429/2022-01-25-european-aluminium_sustainability-mid-term-review.pdf, Januar 2022
- [6] Alumobility, Top Hat Study Based on Audi e-tron® BIW, Euro Car Body, 2021
- [7] European Automobile Manufacturers' Association (ACEA). Online: https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/, Februar 2022
- [8] Mc Kinsey, Automotive Market Outlook, Oktober 2021



SUSANN AAMARA

ist seit 2021 für die Europa Kommunikation von Novelis tätig, einem führenden Hersteller von flachgewalzten Aluminiumprodukten und Recycler von Aluminium. Zuvor hatte sie diverse Strategie- und Leitungsfunktionen in der Unternehmenskommunikation verschiedener Branchen inne. Ihr Schwerpunkt liegt seit einigen Jahren auf Digitaler Transformation und aktuell auf Nachhaltigkeitskommunikation.



Ökobilanzierung von Metallen



Christiane Köllner: Gerade kritische Metalle haben eine schlechte Ökobilanz. www.springerprofessional.de/link/23134182

STELLSCHRAUBEN BEI DER BETON- UND ZEMENTPRODUKTION

VIVIANE RADDATZ

Beton ist der wohl wichtigste Baustoff unserer Zeit. Die Herstellung von Zement, der als Bindemittel in Beton eine zentrale Rolle spielt, ist einer der emissionsintensivsten Industrieprozesse. Aus Klimaschutzsicht ist es daher zwingend notwendig, Möglichkeiten einer CO₂-armen bis CO₂-freien Zementherstellung zu finden. Es gibt zahlreiche technische Ansätze, die teilweise schon auf dem Markt angeboten und teilweise noch erforscht werden.

Pür die Betonherstellung ist neben Kies, Sand und Wasser vor allem Zement als Bindemittel von zentraler Bedeutung. In Deutschland werden jährlich 27,5 Mio. t Zement verbraucht. [1] Prognosen für Deutschland gehen von einem rückläufigen beziehungsweise maximal stagnierenden Zementverbrauch in der Zukunft aus. Weltweit stellt sich die Situation ähnlich dar. Aktuelle Zahlen gehen davon aus, dass der globale Verbrauch, der derzeit bei circa 4,65 Mrd. t Zement [2] liegt, bis 2030 global konstant bleibt, da langfristig die Materialeffizienz steigen wird, den Vebrauch optimiert und dadurch die Nachfrage sinkt. [3]

Für das Klima ist das ein Problem, weil entlang des Herstellungsprozesses von Zement beziehungsweise Beton in zahlreichen Prozessschritten direkt und indirekt Treibhausgas (THG)-Emissionen entstehen. Den größten Anteil verursachen dabei zwei Prozesse. Einerseits werden für den Brennvorgang, bei dem das Ausgangsmaterial Kalkstein zu (Zement-)Klinker gebrannt wird, sehr hohe Temperaturen benötigt (1.450 °C). Dies führt zu einem hohen Brennstoffverbrauch und damit zu hohen energiebedingten Emissionen. Andererseits führt die chemische Reaktion beim Brennen zu einer Freisetzung von CO₂, weil eine Entsäuerung des Kalksteins stattfindet. So sind knapp 50 % der Emissionen auf die Entsäuerung des Klinkers während des Brennvorgangs im Hochofen, sogenannte prozessbedingte Emissionen, zurückzuführen. Die restlichen Emissionen entstehen energiebedingt durch die Wärmebereitstellung für den Brennprozess im Hochofen (Brennstoffe), den Stromverbrauch für Mahl-, Mühl- und Förderprozesse sowie den Transport der Rohstoffe. In Summe ergibt sich ein durchschnittliches Treibhausgaspotenzial von 587 kg ${\rm CO_2}$ -Äquivalenten pro Tonne Zement in Deutschland. [4]

Durch die deutsche Industrie wurden 2021 rund 181 Mio. t CO_2 -Äquivalente ausgestoßen [5], wovon 20,5 Mio. t CO_2 -Äquivalente auf die Zementproduktion zurückzuführen sind. [6] Der Anteil der THG-Emissionen der Zementindustrie an den gesamten Emissionen Deutschlands beträgt rund 2 %. Global liegt der Anteil sogar bei 8 %. [7] Daraus ergibt sich ein akuter Handlungsbedarf in der Beton- und Zementindustrie.

Zur Reduktion der Treibhausgasemissionen aus den emissionsintensivsten Prozessschritten der Zementherstellung existieren zahlreiche technische Lösungsmöglichkeiten. Sie lassen sich in den Strategien Energieeffizienz, Brennstoffsubstitution sowie Materialsubstitution zusammenfassen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das freiwerdende CO₂ aus den Abgasen abzuscheiden und einzulagern (Carbon Capture and Storage, CCS) oder für andere Industrieprozesse zu nutzen (Carbon Capture and Utilization, CCU). Bisher fehlt es in Deutschland jedoch an einem Rechtsrahmen für CCS/CCU, der die rechtliche Grundlage für den Betrieb und den Infrastrukturausbau sicherstellt.

Zusätzlich wichtig ist die Minimierung von Transportwegen. Der Einsatz von emissionsarmen Zementen und Betonen sollte stets abgewogen werden mit der Verfügbarkeit vor Ort. Die transportbedingten Emissionen sind besonders schwer durch eine technische Lösung zu reduzieren: Schwertransportlogistik eig-



 Der Mensch baut derzeit so viel mit Beton wie nie zuvor

net sich nur begrenzt zur Direktelektrifizierung und würde Biotreibstoffe oder synthetische Treibstoffe zur Dekarbonisierung benötigen, die wiederum nur in begrenzter Menge nachhaltig und klimafreundlich zur Verfügung gestellt werden können. [8]

Aus Sicht der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz ist Recycling-Beton sehr wichtig. Der Klimaschutzbeitrag von Recycling-Beton ist je nach Anwendungsfall und Transportaufkommen allerdings – mit einer Reduktion der CO₂-Emissionen der Gesteinskörnungen um lediglich circa 7 % [9] – gering beziehungsweise teilweise sogar negativ. [10] Dies liegt daran, dass lediglich der Kiesanteil, nicht jedoch der emissionsintensive Klinkeranteil durch zerkleinerten Beton substituiert wird und ferner der Energiebedarf für das Zerkleinern und Mahlen unverändert bleibt beziehungsweise sich sogar vergrößert.

Trotz des geringen Beitrags zum Klimaschutz ist die Verwendung von Recycling-Beton in Ballungszentren anzuraten, weil durch Abriss und Wiederverwendung der Betonteile vor Ort ein nachhaltiger Kreislauf entsteht und der Abbau von Primärmaterialien reduziert wird. In Regionen mit relativ geringer Bebauungsdichte muss abgewogen werden, wie sich die Anlieferung von zerkleinerten Betonteilen von einem weiter entfernten Abrissort auf die Ökobilanz auswirkt. Durch die erhöhten Emissionen des Transports wäre der Klimafußabdruck vermutlich erhöht. Perspektivisch kann es auch beim Beton-Recycling zu neuen Entwicklungen kommen, die auch den Zementanteil adressieren und somit hohe Klimaschutzwirkung erzielen. [11]

Materialsubstitution

Grundsätzlich lässt sich zwischen drei Substitutionsstrategien unterscheiden:

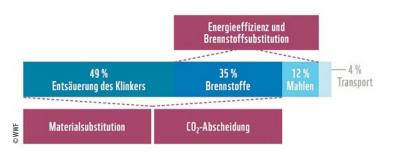
- Ersatz des Baustoffs Beton
- Verringerung des Zementanteils im Beton
- · Verringerung des Klinkeranteils im Zement.

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche und der bauphysikalischen Eigenschaften des Betons kann dieser als Baumaterial nicht vollständig ersetzt werden. Wo allerdings möglich, zum Beispiel in Anwendungsfällen mit geringeren statischen und Brandschutz-Anforderungen, können klimafreundlichere Materialien verwendet werden. Eine gute Möglichkeit im Hochbau stellt hierfür der Holzbau dar. Mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz steht unter der Voraussetzung eines nachhaltigen und regionalen Anbaus und einer kaskadenförmigen Nutzung ein klimafreundlicher Baustoff zur Verfügung. Zur Sicherstellung einer umweltgerechteren und sozialverträglicheren Forstund Holzwirtschaft ist dabei in Deutschland mindestens auf eine FSC-Zertifizierung (Forest Stewardship Council) zu achten. [12] Dass sich mit modernen Holzbau-Konstruktionen Anforderungen hinsichtlich Wärme-, Schall- und Brandschutz sowie Wirtschaftlichkeit hervorragend erfüllen lassen, verdeutlichen zahlreiche gebaute Beispiele. [13]

Verringerung des Klinkeranteils

Neben einem vollständigen Ersatz von Beton bieten sich auch etwaige Verbund- [14] oder Hohlkörperkonstruktionen [15] sowie neuartige, hochfeste Bewehrungen, zum Beispiel Carbon [16], oder Infraleichtbeton mit hohem Luftgehalt [17] an, um den Betonverbrauch zu reduzieren. Obwohl diese neuartigen Betonkonstruktionen einen Klimaschutzbeitrag leisten können, sind einige Nachhaltigkeitsaspekte noch ungeklärt, zum Beispiel das Recycling.

Für den verbleibenden Bedarf, bei dem Beton nicht ersetzt werden kann, beispielsweise im Tunnel- und Grundbau und bei Gebäuden mit hohen statischen Anforderungen, sollten klimafreundlichere Betone und Zemente verwendet werden. Der Klimafußabdruck von Beton und Zement kann vor allem durch eine Verringerung des Klinkeranteils minimiert werden. Dazu kann der Anteil von Klinker am Zement, aber auch der Zementanteil an der Betonmischung



 Aufteilung der THG-Emissionen von Zement und zugehörige Reduktions-Strategien [29]

reduziert werden. Dies kann durch die Beimischung verschiedenster anderer (Sekundär-)Rohstoffe, die über ähnliche chemisch-physikalische Eigenschaften verfügen, geschehen.

Häufigste Substitutionsmaterialien sind derzeit Flugasche aus Steinkohlekraftwerken[18] und Hüttensand aus der Stahlproduktion[19]. Deren entsprechende Beimengung erlaubt eine signifikante Reduktion der THG-Emissionen bei Zement. Allerdings werden bereits heute 81 % der anfallenden Steinkohlen-Flugasche für die Beton- und Zementherstellung verwendet. Aufgrund der voranschreitenden Transformation des Energiesektors (Kohleausstieg [20]) und der künftigen Dekarbonisierung der Stahlproduktion ist mit einer sinkenden Verfügbarkeit dieser Rohstoffe zu rechnen. [21] Deshalb empfehlen sich Weiterentwicklungen alternativer Substitutionsmaterialien. Hierfür sind vor allem Kalkstein [22], kalzinierte Tone, Geopolymere, hydraulische Calciumhydrosilikate oder Magnesia- und Phosphatbinder anzuführen. [23] Durch den Einsatz der beschriebenen Substitutionsmaterialien lässt sich der Zementgehalt des Betons, abhängig von den geforderten Betoneigenschaften, auf circa 180 bis 150 kg/m³ reduzieren. Damit sinken die THG-Emissionen um circa 30 bis 65 %. [24] [25]



BETON ALS KOHLENSTOFFSENKE?

Es gibt aktuell zahlreiche Forschungsprojekte zum Altbeton-Recycling sowie zur Materialsubstitution in der Betonund Zementherstellung. Ein interessanter Ansatz ist der von
Forschern des Schweizer Empa. Sie arbeiten an Zementen, bei
deren Herstellung und Verarbeitung mehr Kohlendioxid gebunden als emittiert wird. So soll der Beton zur Kohlenstoffsenke werden. Mehr dazu lesen Sie in unserem Artikel auf
Springer Professional. Den Link finden Sie im Kasten am Ende dieses Beitrags.

Energieeffizienz und Brennstoffsubstitution

Neben der Optimierung auf Produkteebene können auch die Produktionsprozesse weiter verbessert werden. [26] Investitionen in Effizienzsteigerungen beim Verbrauch elektrischer und thermischer Energie sind bei der energieintensiven Zementherstellung ein wirtschaftliches Gebot, sodass Potenziale oft auch aus gänzlich anderen als den Klimaschutzgründen genutzt werden.

Elektrische Energie wird im Produktionsprozess von Zement für diverse Teilprozesse benötigt, zum Beispiel für das Brechen und Mahlen der Rohstoffe und Endprodukte, für den innerbetrieblichen Transport und Mischungsprozesse sowie für den Drehrohrofen. Zur kontinuierlichen Effizienzsteigerung sollten stets die aktuellsten Technologien (zum Beispiel effizienteste Elektromotoren et cetera) eingesetzt und alte Anlagen sukzessive ersetzt werden. [27]

Für die Herstellung der klassischen Zemente sind sehr hohe Temperaturen (1.450°C) nötig, was bei der Bereitstellung der Wärmeenergie durch fossile Brennstoffe hohe THG-Emissionen zur Folge hat. Deshalb sind Effizienzmaßnahmen beim Einsatz thermischer Energie besonders lohnenswert. Dazu zählen Maßnahmen zur Abwärme- und Abluftnutzung (zum Beispiel Abwärmeverstromung) und Entwicklungen am Drehrohrofen (Wärmerückgewinnung, Vorwärmung, Vorkalzinierung, Nutzung der Strahlungswärme).

Solche Techniken zur Erhöhung der thermischen Effizienz führen oft zu höherem Stromverbrauch. Da der deutsche Strommix derzeit noch sehr viel Kohlestrom enthält, macht die weiterhin hohe CO₂-Intensität die Emissionsminderungspotenziale dieser Maßnahmen teilweise zunichte. [26] Emissionsarmer Strom wird dringend benötigt, damit die Effizienzmaßnahmen in der Zementindustrie ihr volles Potenzial entfalten können.

Neben den Effizienzmaßnahmen können die THG-Emissionen im Produktionsprozess auch durch eine Steigerung des Anteils erneuerbarer oder alternativer Energien reduziert werden.

Der Klimafußabdruck von Zement kann vor allem durch eine Verringerung des Klinkeranteils minimiert werden.

Bereits heute werden zahlreiche Sekundärbrennstoffe (zum Beispiel Siedlungsabfälle) für die Wärmebereitstellung in den Öfen eingesetzt. [28] Die hohen Prozesstemperaturen erschweren allerdings eine Elektrifizierung der Beheizung des Drehrohrofens und somit den Einsatz erneuerbarer Energien. Ähnlich wie beim Transport besteht auch hier die Möglichkeit des begrenzten Einsatzes von Bio- oder synthetischen Brennstoffen.

Literaturhinweise

- [1] VDZ (2017): Zementindustrie im Überblick 2017/2018
- [2] Cembureau (2017): Activity Report 2017
- [3] Cement Tracking Report 2021. Online: https://www.iea.org/re-ports/cement
- [4] VDZ / IBU (2017): Umwelt-Produktdeklaration (EPD) Durchschnitt-licher Zement Deutschland
- [5] Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent. Online: https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent
- [6] Treibhausgasemissionen 2021. Online: https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2021.pdf?__ blob=publicationFile&v=3
- [7] Beyond Zero Emission (2017): Zero Carbon Industry Plan Rethinking Cement
- [8] WWF (2018): Carbon Capture and Utilization (CCU) Wie klimaneutral ist CO2 als Rohstoff wirklich? WWF (2013): Der Nachhaltigkeit auf der Spur Vergleichende Analyse von Zertifizierungssystemen für Biomasse zur Herstellung von Biokraftstoffen WWF (2017): EU bioenergy policy
- [9] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2015): Dokumentation zum Einsatz von ressourcenschonendem Beton
- [10] European Cement Research Academy (2015): Closing the loop: What type of concrete re-use ist the most sustainable option?
- [11] Universitaet Leiden, TU Delft (2015): Closed-loop economy: Case of concrete in the Netherlands
- [12] WWF(2018): Nachhaltige Waldnutzung FSC
- [13] Cheret, Schwaner, Seidel (2013): Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe IBA Hamburg (2014): Smart Material House WOODCUBE UBA (2017): Haus 2019 Ein Null-Energie-Gebäude im Betrieb

- [14] König, Holschemacher, Dehn (2004): Holz-Beton-Verbund
- [15] Cobiax; www.cobiax.com
- [16] Carbon Concrete Composite (C3): www.bauen-neu-denken.de
- [17] Infraleichtbeton (oder Dämmbeton): www.infraleichtbeton.de
- [18] WIN e. V. (2016): Flugasche als Betonzusatzstoff
- [19] BASF (2013): ECO-Zement Energieeinsparung und CO2-Minderung bei der Zementproduktion durch die Herstellung hüttensandreicher Zemente mit verbesserter Anfangsfestigkeit
- [20] WWF (2017): Zukunft Stromsystem Kohleausstieg 2035 Vom Ziel her denken; WWF (2018): CO2-Mindestpreise im Instrumentenmix einer Kohle-Ausstiegsstrategie für Deutschland
- [21] BBS (2018): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland
- [22] Palm (2016): Cements with a high limestone content Mechanical properties, durability and ecological characteristics of the concrete [23] Celitement (2010): Celitement eine nachhaltige Perspektive für
- die Zementindustrie
 [24] Proske et al. (2012): Stahlbetonbauteile aus klima- und ressourcenschonendem Ökobeton. In: Beton- und Stahlbetonbau (Volume
- 107, Issue 6, 06/2012)
 [25] TU Graz (2016): TU Graz entwickelt umweltfreundlichen Ökobeton
- [26] DIW (2015): Modernisierung und Innovation bei CO2-intensiven Materialien: Lehren aus der Stahl- und Zementindustrie
- [27] Cembureau (o. J.): The role of cement in the 2050 low carbon economy
- [28] VDZ (2017): Zementindustrie im Überblick 2017/2018
- [29] Zahlenwerte basierend auf: Maddalena et al. (2018): Can Portland cement be replaced by low-carbon alternative materials? A study on the thermal properties and carbon emissions of innovative cements; Zusätzlich wurde folgende eigene Annahme miteinberechnet: 100 km Transport mit LKW nach Ökobaudat (2018)



VIVIANE RADDATZ

leitet seit März 2021 den Fachbereich Klimaschutz und Energiepolitik des WWF Deutschland. Seit 13 Jahren arbeitet die Politikwissenschaftlerin im WWF-Klimateam mit verschiedenen Schwerpunkten zur Klima- und Energiepolitik.



Nachhaltiger Zement



Leyla Buchholz: Beton als Kohlenstoffsenke. www.springerprofessional.de/link/23293394

FAHRRADKOMPONENTEN AUS KUNSTSTOFF FÜR NACHHALTIGE CITY-LOGISTIK

ALEXANDER WELCKER

Bis zu 350 kg Nutzlast kann ein neues Elektro-Lastenrad transportieren – und fährt sich dabei ähnlich leicht wie ein zweirädriges E-Bike. Sein Einsatzgebiet liegt in der letzten Meile der City-Logistik. Hier soll es kleine Lieferwagen ersetzen. Bei der Entwicklung setzten die Konstrukteure auch im Sinne der Nachhaltigkeit auf schmierfreie Lineartechnik und Gleitlager aus Hochleistungspolymeren.

7ie sieht die Letzte-Meile-Logistik in der Stadt der Zukunft aus? Wie werden Einzelhandel und Privathaushalte in Ballungszentren mit Waren beliefert? Die Gründer des niederländischen Start-up-Unternehmens Fulpra haben eine Antwort auf diese Fragen entwickelt: ein Cargobike, das mit 350 kg mehr Zuladung bietet als die meisten anderen Lastenfahrräder und sich schneller durch die Stadt bewegen kann als ein Lieferwagen. Dazu leistet der starke Elektroantrieb mit einer automatisch schaltenden Tretkraftunterstützung bis 130 Nm einen Beitrag – ebenso wie das ausgeklügelte Neigesystem: Der Fahrer legt sich in die Kurve wie bei einem Zweirad, während der Cargo-Aufbau stabil in der Waagerechten bleibt. Das sieht nicht nur elegant aus, sondern ist auch sicher. Michel van Eynatten, Co-Founder der Fulpra Motors BV: "Unser Rad ist das stärkste seiner Art. Es ersetzt einen kleinen Lieferwagen, ist aber nachhaltiger, sehr viel wendiger und auch flexibler. Damit ist es aus unserer Sicht die effektivste Mobilitätslösung für die Innenstadt: das ultimative Fahrzeug für die letzte Meile." Das sehen auch viele Logistikunternehmen so - nicht nur im fahrradbegeisterten Heimatland: "Die Räder aus den ersten beiden Produktionsserien, die wir in Utrecht herstellen, sind zum Beispiel auch in Norwegen und Schweden im Einsatz. Rund 50 % gehen bislang in den Export."

Aus ökologischer Sicht erschließen die Komponenten zwei wichtige Vorteile: Gewichtsersparnis und Schmiermittelfreiheit.

Belastbarkeit und Zuverlässigkeit im Fokus

Entstanden ist das Konzept des Heavy-Load-Lastenrads in einem Ingenieurbüro, das sich seit 15 Jahren mit der Entwicklung von Fahrrädern und Fahrzeugen beschäftigt und schon viele Spezialräder zur Serienreife gebracht hat. Bei dem Fulpra-Projekt beschritten die Ingenieure aber in mancher Hinsicht neue Wege. Im Rahmen eines eigenständigen Start-ups werden die Weiterentwicklung und Produktion des Cargobikes vorangetrieben. "Das Bike ist von Grund auf für hohe Lasten und Heavy-Duty-Einsätze mit minimalem Wartungsaufwand entwickelt", erklärt Fulpra Motors Gründer van Eynatten. "Das gilt für jede einzelne Komponente. Deshalb verwenden wir viele Zulieferkomponenten aus dem Teilebau-

Bis zu 350 kg Nutzlast kann das Lastenfahrrad transportieren – und fährt sich dabei ähnlich leicht wie ein zweirädriges E-Bike



kasten der Motorradindustrie. Vom Fahrrad nutzen wir nur den Sattel und die Pedale."

Da ein Cargobike täglich hohe Lasten bewegt, sind die Anforderungen an die Konstruktion hoch. Bei der Lager- und Lineartechnik setzten die Entwickler auf Lösungen der Firma Igus, Spezialist für Hochleistungspolymere in bewegten Anwendungen. Der Laderaum des Cargobikes ist eine Gemeinschaftsentwicklung mit einem Zulieferer. Dieser hatte die niederländische Igus-Vertretung Elcee empfohlen. Elcee hat daraufhin den Zulieferer mit Engineering unterstützt.

Produktmanager Nico Bleumer: "Die Beratung der Kunden bei der Konstruktion ist unsere besondere Stärke. Dieses Projekt war herausfordernd und hat Spaß gemacht, weil Fulpra wirklich die technisch beste Lösung wünschte." Michel van Eynatten bekräftigt das und erläutert: "Wir sind keine Preisbrecher. Für uns zählen Nachhaltigkeit, Verlässlichkeit und lange Lebensdauer. Nach diesen Kriterien wählen wir die Komponenten aus. Und ein Cargobike wird jeden Tag hoch beansprucht, deshalb sind die Anforderungen an die Lagertechnik auch besonders hoch." Mit den Drylin-Linearlagersystemen sowie Ig-



lidur-Gleitlagern dieses Anbieters hat Fulpra eine Lösung gefunden, die diese Ansprüche erfüllt.

Profilführungen für die Schiebetüren

Eine zentrale Funktion übernehmen im Fulpra Cargobike die Drylin-Linearlager. In ihnen werden die Schiebetüren des Laderaums geführt, wobei sich eine Tür vor die andere schiebt. Hier kommen Profilführungen vom Typ Drylin WSQ zum Einsatz. In den Rundschienen aus hartanodisiertem Aluminium laufen Führungen, die mit ihren Gleitlagerfolien aus dem Werkstoff Iglidur J einen passenden Gleitpartner bilden und einen reibungsarmen, ruhigen Lauf ohne Schmierstoffe gewährleisten. "Hier haben wir nicht die vordergründig kostengünstigste, sondern die aus unserer Sicht beste Lösung gewählt", betont van Eynatten und erklärt: "Die Türen sind leichtgängig zu bewegen, das ist aus Sicht der Fahrer ein wichtiges Komfortmerkmal. Die



EIN FAHRRAD AUS PLASTIKMÜLL?

Igus liefert zahlreiche Komponenten aus Tribopolymeren, die in Fahrrädern zum Einsatz kommen. Neben den Linearführungen und den Gleitlagern sind das zum Beispiel Zahnräder für Planetengetriebe und auch hybride Bauteile wie Metall-Kunststoff-Gelenkköpfe. Vorteile sind dabei neben der Schmiermittelfreiheit Gewichtsreduzierung, Schmutzresistenz, Wartungsfreiheit, Leichtgängigkeit, Langlebigkeit, hohe Stabilität sowie Schwingungsdämpfung. Die Vision von Igus: An immer mehr Stellen im Fahrrad kommt Hochleistungskunststoff statt Metall zum Einsatz. Doch wo endet diese Transformation? Der Fantasie sind kaum Grenzen gesetzt, das beweist das Igus-Bike-Projekt, das Konzept eines Fahrrads, das zu über 90 % aus Kunststoff besteht – vom Rahmen über die Lager bis hin zum Zahnriemen. Ein hoher Anteil der benötigten Rohstoffe kann dabei laut Igus über das Recycling von Kunststoffabfällen gedeckt werden. Ein Projektpartner ist das niederländische Start-up MTRL, das bis Ende des Jahres mit der Produktion und dem Verkauf eines Erwachsenenfahrrades für Städte und eines Kindermodells starten will. Die Markteinführung in Deutschland soll Anfang 2023 erfolgen. Weitere Varianten, beispielsweise als E-Bike, sind zusätzlich in Planung. Das Vollkunststoff-Fahrrad soll künftig sowohl in einer Variante aus neuem Kunststoff als auch in einer Version aus über 90 % recyceltem Material verfügbar sein. MTRL plant lokale Produktionsstätten auf der ganzen Welt in der Nähe von Plastikmülldeponien.

jeweils 1,40 m langen Führungen lassen sich gut in die Konstruktion des Laderaums integrieren, die aus einem Aluminiumrahmen und Kunststoff-Sandwichelementen besteht. Ganz wichtig ist, dass die Führungen eine lange Lebensdauer unter widrigen Bedingungen und hohen Belastungen erreichen. Schließlich werden die Türen bei jedem Stopp geöffnet."

600 kg bei 20 % Steigung sicher fixieren

Zusätzlich zu den Linearführungen ist Iglidur-Gleitlagertechnik in dem Lastenrad im Einsatz, die im Betrieb einiges aushalten muss. Warum das so ist, erläutert der Co-Founder des Startups an einem Beispiel: "Ein voll beladenes Fulpra erreicht ein Eigengewicht von 600 kg - das ist deutlich mehr als ein Motorrad. Die Wirksamkeit der Parkbremse muss bei 20 % Steigung nachgewiesen werden - da kann man keinesfalls Fahrradbauteile verwenden, sondern braucht unter anderem sehr starke und hoch beanspruchbare Lagerkomponenten." Die Fulpra-Konstrukteure entschieden sich deshalb für zylindrische XFM-Gleitlager von Igus. Sie werden aus hoch belastbaren Motion Plastics mit inkorporiertem Festschmierstoff gefertigt und erreichen auch unter widrigen Bedingungen eine sehr hohe Verschleißfestigkeit und damit eine sehr lange Lebensdauer. Der Vorteil des geringeren Gewichts im Vergleich zu Wälzlagern spielt hier, wie bei vielen anderen mobilen Anwendungen, auch



▶ Dieses Konzept-Fahrrad besteht zu über 90 % aus Kunststoff, es soll aus recyceltem Material nachhaltig produziert werden können

In den Profilführungen mit Gleitlagerfolien aus Tribopolymeren (links) werden die Schiebetüren des Laderaums leichtgängig und schmierfrei geführt; die zylindrischen Kunststoff-Gleitlager (rechts) müssen im Betrieb einiges aushalten: Ein voll beladenes Lastenfahrrad wiegt bis zu 600 kg





eine Rolle, aber nicht die zentrale. Michel van Eynatten: "Natürlich achten wir auf Leichtbau, in erster Linie aber auf Zuverlässigkeit und hohes Leistungsvermögen auf kompaktem Bauraum. Diese Anforderung erfüllen die Igus-Lager. Sie sind nicht die kostengünstigsten im Igus-Programm, aber für unser Produkt eindeutig die besten. Genau diesen Anspruch haben wir auch an unser Cargobike."

Kunststoff statt Metall

Wenn es um Bauteile in bewegten Anwendungen geht, sind traditionell Metalle die Werkstoffe der Wahl. Allerdings können Kunststoffe heute vielfach eine vorteilhafte Alternative sein. In zahlreichen Einsatzfällen können Hochleistungspolymere die jeweiligen Anforderungen hinsichtlich Belastbarkeit und Lebensdauer erfüllen oder sogar übertreffen. Die Firma Igus bietet eine Reihe von Online-Tools für ihre unterschiedlichen Produktgruppen, die Konstrukteuren verlässliche Daten der einzelnen Komponente liefern.

Die technischen Eigenschaften der Linearführungen und Gleitlager aus Tribopolymeren standen bei der Anwendung im Cargobike im Vordergrund. Doch auch aus ökologischer Sicht erschließen die Komponenten zwei wichtige Vorteile, die für den Einsatz im Lastenfahrrad besonders relevant sind. Das ist zum einen die Gewichtsersparnis, die die Kunststoffkomponenten im Vergleich zu Metallen ermöglichen und die gerade in bewegten Anwendungen eine besondere Rolle spielt. Und zum anderen ihre Schmiermittelfreiheit. Die Bauteile aus Tribopolymeren benötigen im Betrieb weder Öl noch Fett. Das macht sie wartungsfreundlicher und schmutzresistenter als geschmierte Komponen-

ten. Das heißt aber vor allem auch, dass diese Stoffe nicht in die Umwelt gelangen und dort zu Kontaminationen führen können. Und das ist ein nicht unerheblicher Aspekt: Forscher nehmen an, dass weltweit circa 50 % der verwendeten, größtenteils erdölbasierten Maschinengleitmittel in Boden und Gewässer einsickern beziehungsweise in die Atmosphäre gelangen. [1]

Literaturhinweis

[1] Manfred P. Schneider: Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids. In: Journal of the Science of Food and Agriculture 86 (2006), Nr. 86, S. 1769-1780



ALEXANDER WELCKER

ist seit 2020 bei der Igus GmbH beschäftigt und seit Juli 2021 als Branchenmanager für die Fahrradindustrie tätig.



Kunststoff

Q

Peter Eyerer, Prof. Dr. Helmut Schüle: Polymer Engineering . www.springerprofessional.de/link/18536022

AUF DEM WEG ZUM CO₂-FREIEN LAGER

GABRIELE MAURER / KORNELIA EDIGER

Effizienz steigern, Ressourcen schonen und Treibhausgasemissionen reduzieren: Auch im Bereich der Logistik steigen die Anforderungen an Unternehmen, Prozesse klimafreundlicher zu gestalten. Das CO₂-freie Lager ist in diesem Zusammenhang ein angestrebtes Ziel. Ein Intralogistikanbieter zeigt Industrieunternehmen gezielte Maßnahmen, die den Weg dahin ebnen und die Ökobilanz verbessern.

hen bei Gesellschaft, Politik und Industrie auf der Agenda. Bis 2050 will Europa der erste klimaneutrale Kontinent werden. Im Industriesektor sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 118 Millionen t sinken. Im Vergleich dazu beliefen sich diese 40 Jahre zuvor noch auf 284 Millionen t CO₂. Erreicht werden soll das unter anderem durch einen geringeren Verbrauch von Energie und Ressourcen. [1] Industrieunternehmen stehen vor der Herausforderung, ihren Beitrag dazu zu leisten und Prozesse entsprechend anzupassen. Das betrifft auch den Sektor Transport und Logistik – das World Economic Forum schätzt, dass er für rund 5,5 % der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, gemessen in CO₂e. [2]

Der Hamburger Intralogistikanbieter Jungheinrich entwickelt nachhaltige Lösungen rund um den Materialfluss, die den Weg zu einem ${\rm CO_2}$ -freien Lager ebnen. Folgende drei Maßnahmen sind dabei besonders hervorzuheben:

- Durch kundenspezifische Automatisierungslösungen lässt sich die Effizienz im Lager steigern, während Emissionen und Verbräuche sinken.
- Der Einsatz von wiederaufbereiteten Flurförderzeugen reduziert Treibhausgasemissionen um ein Vielfaches und schont Ressourcen im Sinne der Kreislaufwirtschaft.

Der Sektor Transport und Logistik hat einen Anteil von 5,5 % an den globalen Treibhausgasemissionen.

• Elektrisch angetriebene Flurförderzeuge mit langlebigen und energieeffizienten Lithium-Ionen-Batterien können durch die Nutzung von regenerativen Energien im Lager $\mathrm{CO_2}$ -frei betrieben werden und so die Ökobilanz verbessern.

Automatisierung

Eine Möglichkeit, den Materialfluss nachhaltiger und effizienter zu gestalten, stellt die Automatisierung bestimmter Prozesse im Lager dar. Intelligente Lagerkontrollsysteme und automatische Lade- und Steuerungstechnik können dabei helfen, Lagerkapazitäten optimal auszunutzen und ineffiziente Prozesse wie Staus, Umwege oder Leerfahrten zu vermeiden.

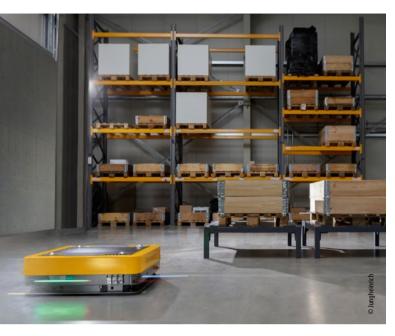
▶ Vielfältige Maßnahmen ebnen den Weg zum CO₂-freien Lager



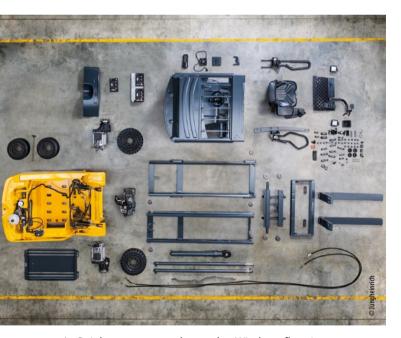
Beispielsweise navigieren sich Autonomous Mobile Robots (AMR) frei innerhalb eines definierten Bereichs, umfahren Hindernisse und orientieren sich bei der Aufnahme eines Ladungsträgers an dessen Position und Ausrichtung. In der Praxis können sie 30 % mehr Produktivität beim Underload-Transport erreichen. [3] Kommunizieren und arbeiten Mensch, Maschine und Lager erfolgreich miteinander, fallen unnötige Transporte weg, Fehler werden vermieden und die Unfallgefahr sinkt. All das reduziert den Energieverbrauch und die Emissionen im Lager erheblich und schont Ressourcen. Zudem können Industrieunternehmen dem auch in der Intralogistik zunehmend spürbaren Fachkräftemangel durch Automatisierung entgegenwirken. Mithilfe von Automatisierung lässt sich das Kommissionierprinzip Person-zur-Ware durch das effizientere Ware-zur-Person-Prinzip ersetzen. Konkret bedeutet das: Gänge von Mitarbeitenden in das Lager, um an einem bestimmten Lagerplatz Ware zu entnehmen, gehören der Vergangenheit an. Stattdessen kommt die Ware automatisiert an den Arbeitsplatz zur Kommissionierung. Jungheinrich bietet individuelle Teilund Vollautomatisierungslösungen an, die bei Bedarf in bereits bestehende Lagersysteme integriert werden können.

Wiederaufbereitete Flurförderzeuge

Eine Möglichkeit, als Industrieunternehmen einen Beitrag zur Ressourcenschonung zu leisten, ist der Einsatz von wiederaufbereiteten Flurförderzeugen als klimafreundliche Alternative zu Neufahrzeugen. Ein Beispiel sind die Jungstars-Gebrauchtgeräte. Diese gebrauchten Flurförderzeuge werden im Sinne der Kreislaufwirtschaft nach höchsten Sicherheits- und Nachhaltigkeitsstandards von Jungheinrich aufbereitet. Während Komponenten wie Rahmen, Motoren und Getriebe aufgearbeitet werden, findet bei allen sicherheitsrelevanten und verschlissenen Komponenten der Austausch mit Originalbauteilen statt. Auf diese Weise wird eine Wiederverwendungsquote von 94 % pro Fahrzeug erreicht. Durch die rohstoff- und energiesparen-



▶ Autonomous Mobile Robots können einen entscheidenden Beitrag zur Optimierung der Prozesse in der Intralogistik und damit auch zur Steigerung der Nachhaltigkeit leisten



▶ Bei der ressourcenschonenden Wiederaufbereitung von gebrauchten Flurförderzeugen wird eine Wiederverwendungsquote von 94 % pro Fahrzeug erreicht

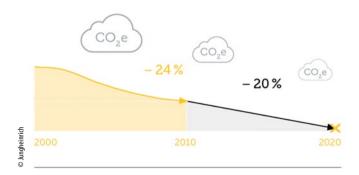
Durch die Aufbereitung eines Flurförderzeugs werden im Vergleich zur Neuproduktion 80 % CO₂ gespart.

de Wiederaufarbeitung verlängert Jungheinrich den Lebenszyklus der Flurförderzeuge um zwei bis drei Nutzungsphasen und minimiert den Einsatz von Neuteilen. Dabei werden sie in einen technischen Zustand versetzt, der dem neuesten Stand einschlägiger Sicherheitsbestimmungen und EU-Verordnungen entspricht. Durch die Aufbereitung werden im Vergleich zur Neuproduktion 80 % CO, gespart.

Neben den ökologischen Gründen lohnen sich Gebrauchtgeräte für Industrieunternehmen auch aufgrund ökonomischer Faktoren. Im Zuge der Corona-Pandemie haben viele preisbewusste Kunden auf die leistungsfähigen und dabei kostengünstigeren Gebrauchtgeräte zurückgegriffen. Bei der Auswahl des passenden Gebrauchtstaplers spielen unter anderem Art der Tätigkeit, Art der Be- und Entladung sowie der Einsatzort eine relevante Rolle. Generell sind die Gebrauchtgeräte optimal für geringe bis mittlere Einsatzzeiten oder als Stand-by-Lösungen geeignet. In der Praxis kommen sie häufig innerhalb Branchen zum Einsatz, bei denen hohe Flexibilität gefordert ist und Bedarfsspitzen gedeckt werden müssen. Um der steigenden Nachfrage nach gebrauchten Flurförderzeugen gerecht zu werden und weitere Kapazitäten für die Wiederaufbereitung zu schaffen, hat Jungheinrich Anfang des Jahres ein neues Gebrauchtgerätewerk eröffnet. Auf diese Weise sollen die Kapazitäten in diesem Bereich bis 2025 um 25 % gesteigert werden. So soll ein Zeichen für die Kreislaufwirtschaft in der Intralogistik gesetzt werden.

Elektroantrieb mit Lithium-Ionen-Batterien

Neben Gebrauchtgeräten bietet die Art der Batterietechnik eine Möglichkeit, die Nachhaltigkeit der Flotte zu steigern. Flurförderzeuge, die elektrisch mit Lithium-Ionen-Batterien angetrieben werden, erschließen Vorteile hinsichtlich Effizienz und Umweltfreundlichkeit und haben großen Einfluss auf die Ökobilanz. Am Beispiel des Jungheinrich-Schubmaststaplers ETV 216 zeigen interne Berechnungen über einen Zeitraum von 10.000 Betriebsstunden, dass ein Stapler mit Lithium-Io-



▶ Die Grafik zeigt die Entwicklung des CO₂-Äquivalente (CO₂e)-Ausstoßes eines durchschnittlichen Jungheinrich-Flurförderzeugs von 2000 bis 2020

nen-Batterien 21 % weniger CO_2 -Emissionen im Vergleich zum Modell mit herkömmlichen Blei-Säure-Batterien erzeugt. Gründe dafür sind die höhere Energieeffizienz sowie der konstantere Spannungsverlauf der Lithium-Ionen-Technologie. Außerdem haben Lithium-Ionen-Batterien eine zwei bis dreimal längere Lebensdauer als Blei-Säure-Batterien.

Industrieunternehmen, die in ihrem Lager Strom aus erneuerbaren Energiequellen nutzen, können Elektro-Stapler ${\rm CO_2}$ -neutral betreiben. Idealerweise wird der Strom dabei vom Unternehmen selbst erzeugt, zum Beispiel durch eine PV-Anlage auf dem Firmendach.

Jungheinrich hat als erster Hersteller von Flurförderzeugen eine TÜV-zertifizierte Produkt-Ökobilanz entwickelt, die eine systematische Lebenszyklusanalyse der Produkte umfasst. Durch die differenzierte Betrachtung der Herstellungs-, Nutzungs- und Aufarbeitungsphase ist genau erkennbar, in welcher Lebensphase die Produkte die größte Auswirkung auf die Umwelt haben. Die Gesamtbilanz der von Jungheinrich hergestellten Produkte der Jahre 2000 bis 2010 ergab eine Reduzierung der CO_2 -Äquivalente (CO_2 e) um 24 % und vom Zeitraum 2010 bis 2020 um weitere 20 %. Insgesamt sind die CO_2 e der Produkte des Unternehmens innerhalb von 20 Jahren um 44 % gesunken. \mathbb{R}

Literaturhinweise

- [1] Die Bundesregierung. Online: https://www.bundesregierung.de/bregde/themen/klimaschutz/industrie-und-klimaschutz-1792074, aufgerufen am 29.07.2022
- [2] World Economic Forum. Supply Chain Decarbonization: The Role of Logistics and Transport in Reducing Supply Chain Carbon Emissions. 2009.
- [3] Arculus https://www.arculus.de/blog/how-automation-can-help-businesses-with-decarbonisation/, aufgerufen am 29.07.2022



GABRIELE MAURER

leitet die Abteilung Sustainability Management & Performance bei Jungheinrich und ist für die Entwicklung und Implementierung der Nachhaltigkeitsstrategie auf Basis von ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen verantwortlich.



KORNELIA EDIGER

ist bei Jungheinrich für die Kommunikation von Nachhaltigkeitsthemen zuständig.



Logistik



Carsten Deckert, Ahmed Mohya: Nachhaltige Lagerung: Vom Lagerbau bis zum Lagerbetrieb. www.springerprofessional.de/link/19921532

DAS ENERGIEAUDIT 2023 ALS CHANCE NUTZEN

THOMAS PARTH

Seit 2015 schreibt das Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G) Unternehmen ein Energieaudit nach DIN EN 16247-1 als Mindestanforderung vor. Das Audit muss alle vier Jahre wiederholt werden. Damit steht bei vielen Unternehmen im kommenden Jahr das zweite Wiederholungsaudit an. Mit diesem werden erstmals einige Neuerungen wirksam. Zudem lohnt es sich meistens, mehr zu tun als die reine Pflichterfüllung.

nternehmen, die nicht zu den KMU zählen, sind verpflichtet ein Energieaudit nach DIN EN 16247-1 durchzuführen. Anstatt des Energieaudits können große Unternehmen auch ein Energiemanagementsystem nach ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem nach EMAS umsetzen. Ausgenommen von dieser Verpflichtung sind lediglich Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von unter 500 MWh/a. Vielfach wird das Energieaudit gewählt, weil es die einfachste Variante ist. Hierfür genügt es, Energieströme temporär zu erfassen, in Einzelfällen reichen sogar Schätzungen. Zudem müs-

sen Effizienzmaßnahmen benannt werden, ihre Durchführung ist jedoch nicht verpflichtend.

Die energetische Situation im Unternehmen wird damit nur als Momentaufnahme betrachtet, Optimierungen sind auf dieser Basis nur schwer umzusetzen. Da sie kein Muss sind, werden oft auch keine durchgeführt. In diesem Fall ist die Auditpflicht zwar erfüllt, das Unternehmen zieht aus dem hierfür nötigen Aufwand jedoch keinerlei Vorteile. Dabei wird die Reduzierung des Energieverbrauchs gerade in der heutigen Situation der Energieverteuerung und -verknappung immer wichtiger.

▶ Energieaudit und Energiemanagement im Vergleich

ENERGIEAUDIT EN 16247-1	ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM ISO 50001
Punktuelle energetische Bewertung	Laufende energetische Bewertung und Optimierung
Keine organisatorischen Auswirkungen	Organisatorische Auswirkungen auf Strukturen, Abläufe, Befugnisse, Verantwortung
Aufzeigen von Optimierungsmaßnahmen	Fortlaufende Verbesserung des Systems und der energiebezogenen Leistung
Bescheinigung durch Auditor	Jährliche Zertifizierung durch Zertifizierungsunter- nehmen

► Technik wie dieses Messgerät für Energieverbrauch ist die Basis für ein Energiemanagementsystem

Deshalb empfiehlt es sich, das anstehende Audit als Chance und Ausgangsbasis für Energieeffizienzmaßnahmen zu nutzen.

Energiemanagement mit System

Durch die temporären Messungen, die für das Audit nötig sind, gibt es Anhaltspunkte, wo im Unternehmen hohe Potenziale für die Reduzierung des Energieverbrauchs liegen. Um diese Potenziale auszuschöpfen, sind dauerhafte Energiemessungen und ein entsprechendes Monitoring nötig. Denn nur damit erhalten Unternehmen wirklich Transparenz über ihre Verbräuche und können die oft komplexen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Einflussfaktoren wie der Geräte- oder Maschinennutzung und den Prozessen, dem Produktionsvolumen oder der Temperatur verstehen. Zudem lassen sich die Auswirkungen von Maßnahmen nur durch dauerhafte Messungen und Auswertungen beurteilen.

All dies ermöglicht ein Energiemanagementsystem. Es zeigt stets aktuell und detailliert, wann, wo und unter welchen Bedingungen das Unternehmen (zu) viel Energie verbraucht. Es besteht im Wesentlichen aus Messtechnik und einer Auswertungssoftware. Da in der Regel bereits zahlreiche Messgeräte und Sensoren sowie Unternehmenssysteme (zum Beispiel BDE/MDE, ERP) vorhanden sind und deren Daten auch für das Energiemanagement relevant sind, ist ein Energiemanagementsystem sinnvoll, in das sich sämtliche Datenquellen herstellerunabhängig integrieren lassen. Verfügt es zudem über einen flexibel erweiterbaren Aufbau, haben Unternehmen die Möglichkeit, mit einem Bereich zu starten und das Energiemonitoring bedarfsgerecht zu erweitern. Das gilt auch, wenn sich im Unternehmen etwas ändert, zum Beispiel durch eine Prozess-

umstellung, neue Maschinen oder Anlagen. Ein wichtiger Aspekt bei der Systemauswahl ist auch die intuitive Nutzbarkeit. Nur wenn der technische Leiter, der Energiemanager, die Abteilungsleiter und Geschäftsführung das System gerne nutzen, schöpfen sie seine Möglichkeiten aus.

Mit den Auswertungen und Berichten des Energiemanagementsystems liegt eine Basis vor, um Maßnahmen zu definieren und umzusetzen. So können Unternehmen ihre Energieeffizienz gezielt verbessern und auf diese Weise nicht nur Stromverbrauch und CO₂-Emissionen reduzieren, sondern auch Geld sparen.

Förderungen für Effizienzmaßnahmen

Der Erwerb, die Installation und Inbetriebnahme der Messtechnik und Energiemanagement-Software wird im Rahmen der Bundesförderungen für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) mit bis zu 40 % gefördert. Seit der Novellierung des EEW im November 2021 ist ein Energiemanagement nach ISO 50001 hierfür nicht mehr Voraussetzung. Die einzige Bedingung ist, dass die Reduzierung des Energieverbrauchs als Ziel formuliert wird. Ob dieses Ziel auch erreicht wurde, muss nicht nachgewiesen werden.

Ebenfalls neu mit der Novellierung des EEW ist ein Zuschuss von bis zu 80.000 € für ein Transformationskonzept, also die Planung und Umsetzung der langfristigen Transformation eines Unternehmens hin zur Treibhausgas-Neutralität. Auch für ein solches Konzept liefern die Erkenntnisse aus einem Energieaudit und einem Energiemanagementsystem eine gute Basis.

Bei der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen können Unternehmen derzeit ebenfalls von zahlreichen Fördertöpfen pro-



NEUERUNGEN BEIM EDL-G

Das EDL-G, in dem die Anforderungen an ein Energieaudit nach DIN EN-16247-1 festgelegt sind, wurde im November 2019 novelliert. Die Änderungen wirken sich bei den meisten Unternehmen erst beim 2023 anstehenden Wiederholungsaudit aus. Zu den wichtigsten zählen:

- Die Anforderungen an Inhalt und Aufbau des Energieauditberichts sind gestiegen.
- Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen gelten neue Vorgaben.
- Produktionsstätten und Krankenhäuser können keine Clusterbildung mehr vornehmen, dafür haben Unternehmensgruppen bessere Möglichkeiten.
- Regelmäßige Fortbildung ist Pflicht für Auditoren.
- Nach der Durchführung des Audits müssen Unternehmen dies auf dem BAFA-Onlineportal nachweisen.
- Für Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von unter 500.000 kWh/Jahr genügt eine Datenmeldung auf dem BAFA-Portal.

fitieren. Neben den großen Bundesförderungen, wie dem EEW, stehen auf kommunaler, regionaler und Länder-Ebene sowie von privaten Trägern weitere Förderprogramme bereit.

Das Wissen, wann welche Förderungen greifen beziehungsweise wie eine Maßnahme ausgestaltet sein muss, um förderfähig zu sein, erfordert meist profunde Kenntnis der sich dynamisch ändernden Förderlandschaft. Hier lohnt es sich, einen entsprechenden Experten zurate zu ziehen.

Privilegierungen durch ISO 50001

Damit energieintensive Unternehmen ihre Energiekosten reduzieren können, sieht der Gesetzgeber zudem Privilegierungen vor, zum Beispiel die EEG-Umlagereduzierung oder den Spitzenausgleich. Aktuell ist die EEG-Umlage zwar auf null gesetzt, doch damit besteht die Möglichkeit, sie relativ einfach wieder zu reaktivieren.

Für diese Privilegierungen müssen große Unternehmen ein Energiemanagementsystem nach ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem nach EMAS vorweisen. Dazu gehören neben dem hier skizzierten System umfangreichere Formalien, et-

wa die Bildung von Kennzahlen, der Nachweis von Effizienzgewinnen oder die Bestimmung von Verantwortlichkeiten im Unternehmen. Der Aufwand ist jedoch nicht nur dann lohnend, wenn die Rückvergütungen eine entsprechende Höhe erreichen. Erfahrungsgemäß profitieren Unternehmen auch erheblich von der fortlaufenden Optimierung des Energieverbrauchs.

Energiemanagement-Software kann Unternehmen bei der Erfüllung der DIN EN ISO 50001:2018 besonders unterstützen. So hat die Firma Econ Solutions hierfür beispielsweise einen Assistenten in ihre Energiemanagement-Lösung integriert, der dem Anwender Hilfestellung bietet. Er führt Schritt für Schritt durch den Auditierungs- beziehungsweise Zertifizierungsprozess. Vor allem für Unternehmen, die nicht über die erforderlichen personellen Ressourcen verfügen, empfiehlt es sich jedoch, externe Experten hinzuzuziehen.

Spielraum nutzen

Unternehmen haben also mehr Spielraum, als es nach dem EDL-G vielleicht den Anschein haben mag: Zwischen dem Energieaudit und dem Energiemanagement nach ISO 50001 ist viel Luft für Abstufungen. Zudem sind auch der Wechsel zwischen einem Energiemanagementsystem nach ISO 50001 und dem Energieaudit nach EN 16247-1 sowie Mischformen möglich, etwa für verschiedene Standorte. Welche Variante für ein Unternehmen optimal ist, hängt von vielen Faktoren ab und lässt sich nicht pauschal beantworten. Doch jedes Unternehmen, dem Energieeffizienz und Klimaschutz wichtig sind, muss sich diese Frage stellen.



DIPL.-ING (FH) THOMAS PARTH

beschäftigt sich als Abteilungsleiter Energieeffizienz- und Nachhaltigkeitsmanagement bei BFE Institut für Energie und Umwelt mit der Einführung von Energiemanagementsystemen und seit 2015 mit der Durchführung von Energieaudits.



OBERFLÄCHEN WEITERDENKEN.

Die Welt der Oberflächentechnik wirft viele Fragen auf. Antworten darauf gibt es in JOT. So erkennen Sie kommende Trends schneller und können mit Ihrem Wissen glänzen. Die wegweisenden Impulse geben Ihnen konkrete Anregungen, wie Sie Ihre Prozesse besser gestalten können. Lassen Sie sich inspirieren und entdecken Sie immer wieder neue Aspekte der Oberflächentechnik, die Sie weiterbringen.

Hier erfahren Sie mehr:

jot-oberflaeche.de





MIT CLOUD-LÖSUNGEN **EMISSIONEN REDUZIEREN**

STEFAN HÖCHBAUER

Industrieunternehmen wissen, dass sie im Kampf gegen den Klimawandel eine große Verantwortung tragen. Viele haben verstanden, dass sie jetzt nachhaltig handeln müssen. Kompensationsmaßnahmen allein reichen dafür jedoch nicht aus. Eine ganzheitliche Umstellung hin zu nachhaltigen Prozessen und Strukturen ist erforderlich. Um die richtigen Ausgangspunkte zu identifizieren, ist ein datenorientiertes Vorgehen notwendig. Dabei spielen Cloud-Lösungen eine zentrale Rolle.

7 iele Unternehmen, insbesondere in der Industrie, nutzen im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsbemühungen das Instrument der Kompensation. Sie forsten Wälder auf oder bauen Windräder, um ihre Produkte klimaneutral anbieten zu können. Doch auch wenn diese Praxis etwas Positives bewirkt, üben Umweltschützer zunehmend Kritik daran. Unter anderem beklagen sie den Versuch des Greenwashings. Nicht nur um solche Vorwürfe zu entkräften, darf eine Nachhaltigkeitsstrategie nicht allein auf Kompensation setzen. Ein effektiver Klimaaktionsplan sollte ganzheitlich ausgerichtet sein und auch darauf abzielen, den eigenen Schadstoffausstoß zu senken.

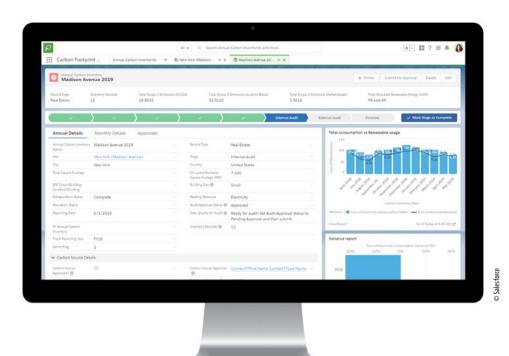
Um dies effizient zu bewerkstelligen, brauchen Unternehmen zunächst Informationen über ihre relevanten Emissionen und ihren Energieverbrauch. Erst auf Basis dieser Daten können sie wirksame Maßnahmen ergreifen. Versuchen sie, diese Werte zu ermitteln, stellen sie jedoch schnell fest, dass dafür un-

Cloud-Lösungen bieten einen ganzheitlichen Überblick auf den aktuellen Stand der Emissionen und des Energieverbrauchs. terschiedlichste Arten von Daten aus zahlreichen Quellen einbezogen werden müssen. Bisher machte das die Erfassung und Berechnung langwierig und kompliziert.

Emissionserfassung: Komplexe Datenlage erschwert Überblick

Emissionsdaten gliedern sich in drei verschiedene Arten. Alle drei sind relevant, wenn ein Unternehmen seine Prozesse klimaneutral ausrichten will. So gibt es zum einen die direkten Emissionen, die aus firmeneigenen und selbst betriebenen Anlagen oder Dienstfahrzeugen stammen (Scope-1). Darüber hinaus fallen Emissionen ins Gewicht, die aus der Nutzung von Strom, Heizung oder Klimaanlagen für den Eigenbedarf eines Unternehmens resultieren (Scope-2). Dazu kommen indirekte Emissionen aus der Wertschöpfung, die etwa im Rahmen von Lieferketten, Geschäftsreisen oder den Arbeitswegen der Mitarbeiter entstehen (Scope-3). Die Datengrundlage ist somit sehr heterogen. Alle Daten manuell zu erfassen, etwa in einer Tabellenkalkulation, und einzeln zu berechnen, gestaltet sich daher vergleichsweise kompliziert und zeitaufwendig.

Abhilfe schaffen Cloud-Lösungen, die es Unternehmen erlauben, ihre CO₂-Emissionen auf effizientere Weise zu quanti-



Mit Cloud-Lösungen erhalten Unternehmen einen Überblick über ihren Energieverbrauch und können auf dieser Basis zielgerichtete Maßnahmen ergreifen

fizieren, wie die Net Zero Cloud von Salesforce. Sie erfassen, visualisieren und analysieren alle drei Arten von Emissionen auf einer einzigen zentralen Plattform. In Form umfangreicher Dashboards stellen sie die relevanten Daten mittels Diagrammen und Grafiken übersichtlich bereit. So entsteht ein ganzheitlicher Überblick über den aktuellen Stand der Emissionen und des Energieverbrauchs.

Dies ermöglicht zum einen, die Umweltauswirkungen überhaupt erst einschätzen und bewerten zu können. Zum anderen werden auf diese Weise Muster und Trends erkennbar und lassen sich im Zeitverlauf verfolgen. Entscheidungsträger können dadurch ein besseres Verständnis dafür entwickeln, wie sich der Energieverbrauch und Schadstoffausstoß ihres Unternehmens zusammensetzen und wo Handlungsbedarf besteht. Gleichzeitig versetzt dieses Wissen sie in die Lage, wirksame Nachhaltigkeitslösungen zu definieren und fundiert zu entscheiden – und zwar innerhalb von Wochen statt Monaten.

Darüber hinaus erleichtert die gewonnene Datentransparenz es Unternehmen, Berichte über ihre Aktivitäten zur Klimakompensation zu erstellen. So lassen sich mit entsprechenden Cloud-Lösungen die damit verbundenen Maßnahmen nachvollziehen und gemäß aktuellen Standards und Frameworks in Nachhaltigkeitsberichten dokumentieren.

Bessere Vernetzung vereinfacht Zusammenarbeit

Die Wege in Richtung Emissionseinsparung sehen in jeder Branche anders aus. Für die Industrie etwa sind die Emissionen von Zulieferern relevanter als für andere Wirtschaftsbereiche. Wichtig ist hier der reibungslose und geschützte Informationsaustausch. Mit Slack-First Sustainability können Unternehmen, die die Net Zero Cloud einsetzen, über Workflows und Fragebögen relevante Informationen von ihren Zulieferern abfragen und ein Scope-3-Reporting auf Investoren-Niveau erstellen.

Darüber hinaus helfen branchenspezifische Klimaaktionspläne Unternehmen, den für sie effizientesten Weg zur Klimaneutralität anhand von Vorhersagen, Szenarien und vorintegrierten Emissionsreduktionsplänen zu skizzieren. Um die Lösung an die jeweiligen Bedürfnisse anzupassen, stehen häufig verwendete Datensätze für Emissionsfaktoren zur Verfügung. Unternehmen können außerdem ihre eigenen Datensätze einbringen. Dafür erfassen Betriebe sämtliche Beschaffungs- und Ausgabedaten. Die Cloud Software gleicht die Werte daraufhin mit den Emissionsfaktoren ab.

© Salesforce

▶ Umfangreiche Dashboards visualisieren die relevanten Daten in Form von Diagrammen und Grafiken: So werden Muster und Trends erkennbar, die sich im Zeitverlauf verfolgen lassen

Mit Cloud-Lösungen klimaneutral werden

Das Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsunternehmen Deloitte Deutschland nutzt die datenbasierten Erkenntnisse der Net Zero Cloud, um die Bereiche mit dem größten Einsparpotenzial zu identifizieren. Jeden Monat werden damit Emissionsdaten visualisiert und etwaige Problembereiche sofort erkannt. Früher erstellte das Unternehmen einmal im Jahr eine Emissionsbilanz. Das zuständige Team verbrachte vier bis sechs Wochen mit der Zusammenführung und Berechnung der dafür nötigen Daten. Heute hilft die Cloud Software dem Management dabei, wesentlich schneller reagieren und Maßnahmen umsetzen zu können. Dieser Einsatz trägt bereits Früchte: Mithilfe der Net Zero Cloud ist Deloitte in der Lage, seine Emissionswerte auf der Ebene der einzelnen Kundenprojekte abzubilden und die Daten allen Stakeholdern und Projektmitarbeitern zur Verfügung zu stellen.

Technologie und Nachhaltigkeit gehen Hand in Hand. Mit intelligenter Software und besserem Datenmanagement schaffen es Industrieunternehmen, wirksame Schritte gegen die Klimakrise einzuleiten. Wenn sie Kompensation und Einsparungen kombinieren, sind sinnvolle Klimaaktionspläne möglich. Auf diese Weise kann der gezielte Einsatz neuer Technologien den Wandel anstoßen, der nötig ist, um das 1,5-Grad-Ziel noch zu erreichen.



STEFAN HÖCHBAUER

ist als Executive Vice President und Chief Executive Officer seit dem 1. Oktober 2020 für die strategische Entwicklung von Salesforce in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Osteuropa verantwortlich. Er verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in der Softwarebranche.



Jetzt online anmelden!

www.atzlive.de/expertenforum-powertrain

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen auch telefonisch zur Verfügung: Tel.: +49 611 7878-131

Experten-Forum Powertrain 2022

Der elektrifizierte Weg: Entwicklung nachhaltiger Produkte

9. - 10. November 2022 Hanau bei Frankfurt am Main

- **NACHHALTIGKEIT**
- **ENERGIESPEICHER UND WANDLER**
- **ELEKTRISCHE SYSTEMKOMPONENTEN**
- SIMULATION UND TEST



Kooperationspartner

Medienpartner













UMWELTMANAGEMENTSYSTEME RÜCKEN IN DEN FOKUS

MARKUS STEINER

Umweltmanagement ist wichtiger denn je. Gründe dafür sind die Energiekrise mit explodierenden Preissteigerungen, Lieferengpässe bei Rohstoffen, sich global häufende Umweltschäden sowie strikter werdende Klimaauflagen. Damit rücken die Ressourceneffizienz und Reduktion von umweltschädlichen Einflüssen in das Zentrum von Unternehmensstrategien. Mithilfe zertifizierter Umweltmanagementsysteme können Unternehmen Umweltschutz und wirtschaftliche Interessen dauerhaft vereinen.

Internehmen, die nicht auf den Klimawandel reagieren und ihre Prozesse nicht auf offensichtliche Risikolagen wie drohende Versorgungsengpässe neu ausrichten, laufen Gefahr, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren. Zudem werden Hersteller und Großunternehmen ihre internen und externen Auflagen wiederum an ihre Zulieferer weitergeben. Damit werden in allen Stufen der Lieferkette die Reporting-Anforderungen hinsichtlich ökologischer und sozialer Merkmale sowie deren Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit steigen. Organisationen benötigen somit ein tieferes Verständnis der Kausalitäten, inwiefern beispielsweise Ressourcenschonung, Energieeffizienz, der Schutz von Ökosystemen mit den Risiken auf Produkt- und Betriebsebene zusammenhängen.

Weltweit anerkannte Norm DIN EN ISO 14001:2015

Hilfestellung zur Strukturierung der komplexen Aufgaben bietet ein Umweltmanagementsystem nach einem international anerkannten Standard wie der DIN EN ISO 14001:2015. Sind die wesentlichen Einflussfaktoren und Risiken für das eigene Geschäftsmodell identifiziert, in der Organisation verstanden und mit Zielgrößen im Managementsystem festgelegt, können sie in einem Zyklus der kontinuierlichen Verbesserung dauerhaft wirken.

Vorrangiges Ziel ist nicht nur die Senkung des Energieverbrauchs, sondern eine grundsätzliche Verbesserung der gesamten Umweltleistung.

Die Norm der International Organization for Standardization (ISO) gilt seit 1996. Nach einer umfassenden Revision im Jahr 2015 wurde die aktuelle Version DIN EN ISO 14001:2015 veröffentlicht. Vorrangiges Ziel ist nicht nur die Senkung des Energieverbrauchs, sondern eine grundsätzliche Verbesserung der gesamten Umweltleistung. Sämtliche Umweltauswirkungen fließen daher in den Standard ein, wie Abfallminimierung, CO₂-Emissionen, Einflüsse auf Ökosysteme und Investitionsentscheidungen. Ebenso werden die unterschiedlichen geografischen und kulturellen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Mittlerweile haben weltweit über 300.000 Unternehmen und Organisationen jeder Größe und Branche sich nach der Norm DIN EN ISO 14001 zertifizieren lassen.

Praxisbewährte Systematik

Im Kern des Managementsystems stehen die Festlegung von Umweltzielen und freiwilligen Verpflichtungen ("Compliance Obligations"), die Umsetzung sowie deren Überprüfung anhand der formulierten Umweltpolitik und schließlich die Verbesserung auf der Betriebs- und Produktebene. Unternehmen und Organisationen erhalten so eine praxisbewährte Systematik, ihre gesamte Umweltleistung zu verbessern. Gleichzeitig werden sie im wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfeld widerstandsfähiger. Die Vorteile liegen daher nicht nur in niedrigeren Rohstoffkosten, sondern auch in der Steuerung der Umweltleistung und Risikovorbeugung.

Die DIN EN ISO 14001 ist flexibel für die individuelle Unternehmenssituation. Sie stellt keine absoluten Anforderungen an ein Umweltmanagementsystem. Prinzipiell kann sich jedes Unternehmen und jede Organisation, unabhängig von Größe, Standort, Branche, ökologischem oder sozialem Umfeld, zertifizieren lassen. Voraussetzung ist allerdings, dass zunächst ein Umweltmanagement in die Betriebsprozesse integriert wird (siehe Checkliste). Dies bedeutet unter anderem:

- eine eigene Umweltpolitik (schriftlich festgehalten und allen Mitarbeitern bekannt),
- eine kritische Überprüfung und Bestandsaufnahme der Abläufe bezüglich Umweltkriterien,

- festgelegte Umweltziele und deren Umsetzung in einem Umweltprogramm,
- ein schriftlich festgehaltenes und wirksames Umweltmanagementsystem
- ein dokumentiertes Verfahren für eine interne Prüfung gemäß den Umweltkriterien.

Sind die Voraussetzungen erfüllt, entstehen ein Bewusstseinswandel und ein stärkeres Risikobewusstsein für den Unternehmenskontext. Ökologische und ökonomische Risiken in der Lieferkette werden schneller erkannt sowie die daraus resultierenden Gefahren für den Betrieb und die Produkte. Die erlangten Fähigkeiten führen schließlich auch dazu, die betrieblichen Prozesse widerstandsfähiger zu gestalten, wodurch sich auch neue Geschäftsfelder antizipieren lassen. Ebenso können frühzeitigere Investitionen in emissionsarme Technologien Wettbewerbsbeziehungsweise Kostenvorteile bedeuten.

Wie läuft die Zertifizierung ab?

Der erste Schritt ist ein Informationsgespräch oder Voraudit zur Festlegung der Ziele, die durch das Managementsystem erreicht werden sollen. Ebenso werden die involvierten Organisationseinheiten und Standorte besprochen und ob aus anderen Normen, dem Qualitätsmanagement oder durch Kundenanforderungen einzelne Anforderungen bereits erfüllt sind. Die Zer-



ZERTIFIZIERUNGS-CHECKLISTE

Die Checkliste ist eine erste Indikation, ob im Unternehmen die Anforderungen der DIN EN ISO 14001:2015 für ein nachhaltiges Umweltmanagementsystem (UMS) bereits erfüllt sind und wo Nachholbedarf besteht. Die Anforderungen sind auszugsweise der Grundstruktur von Normen für Managementsysteme entnommen.

Kontext der Organisation

- □ Externe und interne Faktoren sind bestimmt, die sich auf die Ziele des Umweltmanagementsystems gegebenenfalls nachteilig auswirken können.
- □ Der gewünschte Geltungsbereich des UMS ist festgelegt und dokumentiert.
- u Überwacht werden externe und interne Umweltbedingungen, die das Unternehmen beeinflussen können und worauf reagiert werden kann.
- □ Alle betroffenen Parteien und deren Ansprüche sind bekannt, die für das UMS relevant sind.
- □ Es ist sichergestellt, dass das UMS kontinuierlich verbessert wird.

Führung

- □ Für die Wirksamkeit des UMS ist die Verantwortung des Top-Managements definiert.
- 🗆 Das Management hat die Umweltpolitik im Einklang mit der strategischen Ausrichtung des Unternehmens festgelegt und dokumentiert.
- □ Die notwendigen Ressourcen sind bereitgestellt.
- □ Die Wichtigkeit eines effektiven Umweltmanagements unter Mitwirkung der gesamten Organisation ist kommuniziert.

Planung

- $\ \square$ Es liegt eine Dokumentation über identifizierte Umweltaspekte und -auswirkungen vor.
- □ Die Umweltaspekte sind mit dem jeweiligen Lebenszyklus der Produkte abgestimmt.
- □ Mögliche Risiken und Chancen der relevanten UMS-Prozesse sind bestimmt und dokumentiert.
- □ Die relevanten Umweltziele und Compliance-Verpflichtungen für das Unternehmen sind festgelegt, dokumentiert und werden überwacht.
- 🗆 Die Maßnahmen zur Umsetzung der Umweltziele sind geplant (Aktivitäten, Ressourcen, Personal, Zeitplan etc.).

Unterstützung

- □ Die nötigen Ressourcen stehen für den Ablauf des UMS zur Verfügung.
- □ Die betrauten Mitarbeiter haben nachweislich die notwendigen Kompetenzen.
- $\ \square$ Festgelegt ist ein Verfahren zur internen und externen Kommunikation der UMS-Maßnahmen.

Betrieb

- □ Bei der Entwicklung, dem Design und der Beschaffung von Produkten/Services wird die Lebenszyklus-Perspektive berücksichtigt.
- □ Sämtliche relevante Umweltanforderungen an externe Anbieter und Auftragnehmer sind kommuniziert.
- 🗆 Die notwendigen Prozesse zur Vorbereitung und Reaktion auf mögliche Notfallsituationen sind etabliert, implementiert und dokumentiert.
- $\ \ \, \Box \ \, \text{Kontrollen} \, \text{zur} \, \text{richtigen} \, \text{Ausführung} \, \text{der} \, \text{internen} \, \text{und} \, \text{externen} \, \text{UMS-Prozesse} \, \text{sind} \, \text{implementiert}.$
- ☐ Es liegen Nachweise zur korrekten Ausführung der UMS-Prozesse vor.

Zertifizierte Unternehmen müssen sich auf eine jährliche Überprüfung einstellen, ob alle Anforderungen gelebt und umgesetzt sind.

tifizierung des Umweltmanagements ist mit anderen Managementsystem-Normen – wie der Norm zum Qualitätsmanagement ISO 9001 – vereinbar. Dadurch ist die DIN EN ISO 14001 gut in ein bestehendes Managementsystem integrierbar.

Der zweite Schritt ist die Dokumentenprüfung. Bewertet werden die Ergebnisse der internen Audits, des Managementreviews sowie die dokumentierten Ziele und Ergebnisse. Bei festgestellten Mängeln werden Maßnahmenpläne zur Verbesserung erarbeitet.

Der dritte Schritt ist das Zertifizierungsaudit. Auditoren überprüfen das Umweltmanagementsystem vor Ort. Mit dem Ergebnisbericht erfährt das Unternehmen, ob die Normanforderungen erfüllt sind. Nach erfolgreicher Zertifizierung erhält das Unternehmen das Prüfsiegel.

Wie bei allen Managementsystemen ist auch bei der ISO 14001 die fortlaufende Verbesserung das Leitmotiv. Deshalb müssen sich zertifizierte Unternehmen auf eine jährliche Überprüfung einstellen, ob alle Anforderungen in der Praxis gelebt und umgesetzt sind und sich in der Praxis bewähren. Nach drei Jahren startet der Zyklus erneut mit einer Re-Zertifizierung.

Die Wirkung auf die Nachhaltigkeit

Unternehmen sollen mit der Norm den Umweltschutz und die wirtschaftlichen Interessen dauerhaft vereinen können. Durch die Förderung einer internen Umweltpolitik und die aktive Auseinandersetzung der Mitarbeiter entsteht ein breites Bewusstsein für Umweltrisiken und Ressourcenschonung in der Organisation. Zugleich übernimmt die oberste Führungsebene Verantwortung für das Umweltmanagement und die erfolgreiche Umsetzung im Betriebsalltag.

Der Erfolg der Maßnahmen kann anhand ermittelter Kennzahlen laufend gemessen werden. So werden die Abläufe auf Produkt- und Betriebsebene stetig angepasst. Das reicht von der Umweltverträglichkeit der Verfahren, Produkte und Dienstleis-

tungen bis hin zur Logistik, Kommunikation, Datenverarbeitung und Mobilität im Unternehmen. Unternehmen, die den Zertifizierungsprozess starten, profitieren unmittelbar von einer besseren Koordination ihrer Umweltschutzaktivitäten. Effektive und schnelle Ergebnisse bei weniger Aufwand sind die Folge. Der nachgewiesene Beitrag für den Umweltschutz sorgt für Vertrauen in das zertifizierte Unternehmen, in seine Gesetzeskonformität und langfristige Widerstandsfähigkeit – in Zeiten nicht absehbarer klimabedingter Risiken.



DIPL.-WIGEO. MARKUS STEINER

ist seit 2006 für Dekra Certification tätig, seit 2016 als Fachkoordinator des Bereichs "Umwelt und Energiemanagement". Zuvor arbeitete er als Projektleiter Umweltmanagement und Produktmanagement bei Schleicher Fahrzeugteile.



Umweltmanagementsysteme



Johannes Kals: Umweltmanagementsysteme. www.springerprofessional.de/link/19044328

VERPACKUNGS- UND ELEKTROGESETZ NEHMEN HERSTELLER IN DIE PFLICHT

SIMON MEYER / RENÉ SCHMELTING

Die auf europäischer Ebene verankerte sogenannte erweiterte Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility, EPR) verpflichtet die produzierende Industrie, ihre Produkte so herzustellen, dass sie langlebig, reparierbar und am Ende ihres Lebenszyklus gut recycelbar sind. Für ein hochwertiges Recycling müssen Hersteller zunehmend Rücknahmesysteme schaffen oder sich an Entsorgungskosten beteiligen. Die Regelungen haben Auswirkungen auf das Geschäft der produzierenden Industrie.

ie erweiterte Herstellerverantwortung beziehungsweise Produktverantwortung ist ein zentraler Eckpfeiler einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft. Die Entstehung von Abfällen soll bereits bei der Produktion vermieden werden, anstatt allein die Abfallströme umweltverträglich zu steuern. Eine verursachergerechte Beteiligung der Hersteller an der Entsorgung beziehungsweise den Entsorgungskosten ihrer zu Abfall gewordenen Produkte ist ein wesentlicher Teil der EPR. Einzelne Maßnahmen der EPR werden in Deutschland im Kreislaufwirtschaftsgesetz (§§ 23 ff. KrWG) beispielhaft genannt, weitere finden sich in speziellen Regelungen, wie etwa in der Altfahrzeugverordnung oder dem Batteriegesetz. Aufgrund des branchenübergreifenden Einsatzes von Verpackungen und einer zunehmenden Elektrifizierung von Produkten kommt der Herstellerverantwortung für Verpackungen und Elektroaltgeräten aber eine besondere praktische Relevanz in der produzierenden Industrie zu, die aktuell zunehmend in den Fokus der Behörden rückt.

Die bereits im Jahr 2021 beschlossenen, umfangreichen Neuerungen des Elektro- und Elektronikaltgerätegesetzes (ElektroG) sind zuletzt stufenweise in Kraft getreten beziehungsweise werden zum Teil noch am 1. Januar 2023 in Kraft treten. [1] Ziel der vielfach verschärften Regelungen ist es, die Sammelquote von Elektroaltgeräten zu steigern. Die Quote stagnierte zuletzt bei 44 % und damit deutlich unterhalb der europarechtlichen gebotenen Quote von 65 %. [2] Potenzial zur Steigerung der Quote sieht der Gesetzgeber zunächst im Bereich der privaten Endkunden (B2C-Bereich). Dort soll das Potenzial insbesondere durch eine Erweiterung des Sammel- und Rücknahmenetzes gehoben werden. Besondere mediale Aufmerksamkeit hat hier die Rücknahmepflicht im Lebensmittelhandel erlangt.

Kostenbeteiligung für die Rücknahme von Elektroaltgeräten im B2B-Bereich möglich

Für die produzierende Industrie ist es relevanter, wie der Gesetzgeber das im geschäftlichen Bereich (B2B) vermutete Potenzial ausweiten möchte. Hierzu wurden ins ElektroG verschiedene Neuerungen aufgenommen. Neu ist etwa, dass nun auch für Elektrogeräte, die bei der Stiftung Elektro-Altgeräte-Register (ear) ausschließlich als B2B-Gerät registriert sind, ein Rücknahmekonzept zu hinterlegen ist. Dies gilt seit dem 1. Juli 2022 un-



Hersteller müssen für B2B-Altgeräte eine faktische Rücknahmemöglichkeit vorhalten.

eingeschränkt, also auch für Geräte, die in der Vergangenheit ohne Rücknahmekonzept registriert wurden. Das Konzept musste nachgereicht werden (Frist war der 30. Juni 2022). Herstellern, die dieser Pflicht nicht nachkommen, droht der Widerruf ihrer Registrierung.

Auch die bislang vielfach gelebte Praxis, dass Hersteller im B2B-Bereich ihren Kunden durch vertragliche Regelungen die Verantwortung für die ordnungsgemäße Entsorgung der (defekten) Elektroaltgeräte übertragen haben, wird durch das ElektroG nun unterbunden. Hersteller müssen auch für B2B-Altgeräte eine faktische Rücknahmemöglichkeit vorhalten. Hier lohnt sich sowohl für die Hersteller als auch für die Abnehmer von Elektrogeräten vielfach ein Blick in bestehende Verträge. Auch des-

halb, weil Hersteller zwar zur Rücknahme verpflichtet sind, diese aber anders als im B2C-Bereich nicht kostenlos anbieten müssen. Die Kostenverteilung kann im Sinne der Vertragsfreiheit zwischen den Parteien vielmehr individuell vereinbart werden.

Hersteller von Elektrogeräten, die für den Vertrieb ihrer Produkte die Dienste von Fulfillment-Dienstleistern und/oder elektronischen Marktplätzen in Anspruch nehmen, müssen sich ferner darauf einstellen, gegenüber diesen Dienstleistern offenlegen zu müssen, dass sie ihre Pflichten aus dem ElektroG erfüllen. Fulfillment-Dienstleister und elektronische Marktplätze sind ab dem 1. Januar 2023 verpflichtet, dies zu kontrollieren. Ihre Dienstleistungen dürfen sie nur rechtskonform agierenden Herstellern anbieten, anderenfalls drohen ihnen unter anderem empfindliche Bußgelder.

Produzierende Industrie von Registrierungspflicht des Verpackungsgesetzes betroffen

Die Regelungen der EPR beziehen sich auch auf die Verpackungen, die beim Versand von Produkten eingesetzt werden (beispielsweise Transportverpackungen). Zentral für die Verantwor-



HERSTELLERBEGRIFF IM VERPACKUNGSGESETZ

Wichtig: Im VerpackG ist Hersteller, wer die mit Ware befüllte Verpackung erstmalig in Verkehr bringt beziehungsweise nach Deutschland importiert. Dieser Herstellerbegriff führt dazu, dass nahezu sämtliche Unternehmen der produzierenden Industrie in die Pflicht genommen werden. Produkthersteller sollen so auch für die von ihnen genutzte Verpackung die Verantwortung für Vermeidung und Entsorgung übernehmen.

tung für Verpackungen ist neben der europäischen Verpackungsrichtlinie, die aktuell bereits erneut einen Novellierungsprozess durchläuft, das nationale Verpackungsgesetz (VerpackG) in Deutschland, dessen Neuerungen derzeit stufenweise in Kraft treten beziehungsweise bereits getreten sind. [3] Das VerpackG gilt grundsätzlich unabhängig von dem zu Verpackungszwecken eingesetzten Material und richtet sich vorrangig an die Hersteller.

Unternehmen sind zunächst durch die zum 1. Juli 2022 erheblich erweiterte Registrierungspflicht im Verpackungsregister Lucid betroffen. Dieses wird von der Zentralen Stelle Verpackungsregister (ZSVR) betrieben und ermöglicht eine kostenlose Registrierung. [4] Registrierungspflichtig sind grundsätzlich alle Unternehmen, die ihre Waren mit Verpackungen umgeben und in Deutschland gewerbsmäßig in Verkehr bringen. Welchen Zweck die genutzte Verpackung erfüllt, ist unerheblich. Die Registrierungspflicht besteht für Transport-, Verkaufs-, Versand-, Um- und Serviceverpackungen gleichermaßen. Ausnahmen bestehen im Wesentlichen nur für Verpackungen, die nachweislich ins Ausland exportiert werden.

Unternehmen sollten daher – sofern noch nicht erfolgt – schnellstmöglich prüfen, ob sie sich registrieren müssen. Denn bei einer erforderlichen, aber unterbliebenen Registrierung drohen empfindliche Sanktionen (Bußgelder von bis zu 100.000 € je Fall). Zudem dürfen Unternehmen nicht registrierte Verpackungen nicht in Verkehr bringen. Das in der Verpackung steckende Produkt kann somit faktisch nicht verkauft werden. Weiter drohen wettbewerbsrechtliche Sanktionen (Abmahnungen), da das Verpackungsregister Lucid teilweise öffentlich einsehbar ist. [5] Wettbewerber können eine (unterbliebene) Registrierung



Für ein hochwertiges Recycling müssen Hersteller zunehmend Rücknahmesysteme schaffen oder sich an Entsorgungskosten beteiligen

somit leicht nachvollziehen. Die aktuell deutlich gestiegene Anzahl an Registrierungen sowie die über 1000 eingeleiteten Ordnungswidrigkeitenverfahren zeigen eindrucksvoll, dass die verschärfte Registrierungspflicht ihre Wirkung nicht verfehlt.

Systembeteiligungspflicht des VerpackG besteht auch in weiten Teilen des B2B-Geschäfts

Zwar hat es keine Verschärfung hinsichtlich der Systembeteiligungspflicht gegeben, jedoch versteht das VerpackG hierunter nach wie vor die Pflicht von Herstellern, mit einem dualen System oder mehreren einen Vertrag abschließen zu müssen. Diese Pflicht besteht weiterhin für die Unternehmen, die mit Ware befüllte Verpackungen in Verkehr bringen, die typischerweise bei privaten Endverbrauchern zu Abfall werden. Hierauf bezogen wird in der Praxis vielfach unterschätzt, dass auch große Teile des B2B-Geschäfts betroffen sein können. Denn das VerpackG kennt die sogenannten vergleichbaren Anfallstellen (Hotels, Krankenhäuser, Kinos etc.). [6] Fallen Verpackungen typischerweise dort als Abfall an, besteht eine Systembeteiligungspflicht. Durch diese weit auszulegende Begriffsdefinition des privaten Endverbrauchers sind auch große Teile des B2B-Geschäfts von einer Systembeteiligungspflicht und den daraus resultierenden Verpflichtungen betroffen.

Hersteller im Sinne des VerpackG, die für den Vertrieb ihrer Produkte die Dienste von Fulfillment-Dienstleistern und/oder elektronischen Marktplätzen in Anspruch nehmen, haben in vielen Fällen bereits von ihren jeweiligen Dienstleistern die Aufforderung erhalten, einen Nachweis über die ordnungsgemäße Registrierung und/oder eine erfolgte Systembeteiligung zu erbringen. Hintergrund hierfür ist – ähnlich der Regelung im ElektroG – dass Fulfillment-Dienstleister und elektronische Marktplätze seit dem 1. Juli 2022 ihre Dienstleistungen nur Herstellern anbieten dürfen, die im Verpackungsregister Lucid registriert sind; bei Verstößen drohen ihnen empfindliche Bußgelder. Kommen die Hersteller dieser Aufforderung ihrer Dienstleister nicht nach, droht zudem, dass die Hersteller seitens der Fulfillment-Dienstleister und/oder elektronischen Marktplätze gesperrt werden.

Fazit und Ausblick

Allein die Verschärfungen der Regelungen zum ElektroG und dem VerpackG im Kontext einer erweiterten Herstellerverantwortung zeigen eindrucksvoll, dass der geplante Weg hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft erheblich an Fahrt aufgenommen hat. Die produzierende Industrie ist daher vor diesem Hintergrund gut

beraten, die eigene Vertriebsstruktur im Hinblick auf die Einhaltungen der neuen Regelungen zeitnah auf den Prüfstand zu stellen. Bereits die vielfache Einleitung von Ordnungswidrigkeitenverfahren im Kontext des VerpackG, aber auch die zunehmende Beachtung in der Öffentlichkeit sowie durch die Deutsche Umwelthilfe und Greenpeace haben aufgezeigt, dass die verschärften Regelungen nicht nur in den Blick genommen, sondern auch in der Praxis überprüft und bei Verstößen sanktioniert werden.

Literaturhinweise

- [1] Erstes Gesetz zur Änderung des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes. In: BGBI. 2021, Teil I, Seite 1145
- [2] Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes. In: Bundestagsdrucksache 19/26971, S. 1
- [3] Gesetz zur Umsetzung von Vorgaben der Einwegkunststoffrichtlinie und der Abfallrahmenrichtlinie im Verpackungsgesetz und in anderen Gesetzen. In: BGBI. 2021. Teil I. S. 1699
- [4] Verpackungsregister Lucid. Online: https://lucid.verpackungsregister.org, aufgerufen am 08.08.2022
- [5] Verpackungsregister, Öffentliche Register.
- Online: https://oeffentliche-register.verpackungsregister.org/Producer, aufgerufen am 08.08.2022
- [6] Anfallstellenliste. Online: https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/files/Katalog/Anfallstellenliste.pdf, aufgerufen am 08.08.2022



DR. SIMON MEYER

ist seit über 15 Jahren Rechtsanwalt und leitet die Umweltrechtspraxis bei EY Law in Deutschland.



DR. RENÉ SCHMELTING

ist seit über zehn Jahren Rechtsanwalt und berät bei EY Law in Deutschland im Bereich Umweltrecht.



Verpackungsgesetz

Ann-Katrin Voit: Alles Müll? Plastikmüll und Recycling in Deutschland. www.springerprofessional.de/link/19984852

PRODUKJE

MIT DRUCKSCANNERN DIE **AERODYNAMIK VERBESSERN**



In der Rotorkonstruktion von Windkraftanlagen wird an einer immer besserer Ausnutzung des Luftstroms gearbeitet. Um die Rotorblätter zu vermessen und das Verhalten des Luftdrucks in Abhängigkeit von Drehzahl und Luftgeschwindigkeit zu messen, kann die Vielstellendruckmesstechnik mit MPS (Multiple Pressure Scanner)-Druckscannern von Althen angewendet werden. Der Althen-Druckscanner misst kleine bis mittlere Drücke (4 Millibar bis 3,5 bar) mit einer Genauigkeit von bis zu ±0,04 %. Seine 64 Messkanäle sind in einem kaum zigarettenschachtelgroßen Gehäuse untergebracht. Er verfügt über eine Ethernet-Schnittstelle zur Kaskadierung. Über einen Switch ist es möglich, beliebig viele Scanner, beispielsweise in einem Master--Slave-Betrieb, miteinander zu verbinden. Die Sensorik ist für Temperaturen von 0 bis 70 °C ausgelegt, ein Thermoschutzgehäuse erlaubt den Betrieb auch bei Frost beziehungsweise höheren Temperaturen.

▶ Weitere Informationen: https://www.althen.de

NEUER KLEB- UND DICHTSTOFF VON EVONIK

Mit Polyvest Eco hat Evonik eine Reihe nachhaltiger flüssiger Polybutadiene auf den Markt gebracht. Durch den Einsatz von nachhaltig hergestelltem Butadien wird laut Evonik der Einsatz fossiler Rohstoffe um bis zu 99.9 % reduziert. Dabei weisen die neuen Produkte identische physikalisch-chemische Eigenschaften wie die herkömmlich fossilbasierten Produkte auf. Die Produktionsstätte in Marl hatte bereits Anfang des Jahres die Zertifizierung ISCC Plus erhalten. Damit sind sie auf der Grundlage des Massenbilanzansatzes zertifiziert. Polyvest Eco kommt als Kleb- und Dichtrohstoff in der Automobil-, Elektronik- und Bauindustrie zum Einsatz. Darüber hinaus kann es als Kautschuk-Additiv in der Reifenherstellung eingesetzt werden.

▶ Weitere Informationen: https://www.evonik.com

NACHHALTIGER BLEIERSATZ

Der Dachzubehörhersteller Fleck bietet einen selbstklebenden Anschluss für Wand, Kamin, Kehle, Fenster, Gaube und weitere Anwendungen an, der anders als herkömmlichen Produkten aus Polyvinylbutyral (PVB) besteht und als nachhaltige Alternative zu Walzblei eingesetzt werden kann. Leadax, der niederländische Hersteller, recycelt den Rohstoff aus hochwertigen Automobil-Verbundglas-Folien und verarbeitet ihn zu Eco Form Easy weiter. PVB bietet laut Hersteller viele Vorteile: Der Bleiersatz ist 75 % leichter als herkömmliches Walzblei, lässt sich mühelos schneiden sowie formen und verfügt über eine hohe Dehnfähigkeit, ohne Risse zu bilden. Die Montage erfolgt mithilfe von zwei selbstklebenden Streifen auf der Rückseite.

▶ Weitere Informationen: https://www.fleck-dach.de





DIGITALER NACHWEIS

Gemeinsam mit den Tochterfirmen Scribos und Kurz Digital Solutions hat das Unternehmen Leonhard Kurz einen digitalen Produktpass entwickelt, mit dem sich Hersteller bereits heute auf die kommende EU-Richtlinie vorbereiten können, die 2024 in Kraft tritt und dazu verpflichtet, Produkte mit einem Nachhaltigkeitsnachweis zu versehen. Im Produktpass können alle Details rund um das Produkt hinterlegt werden, wie zum Beispiel umweltrelevante Indikatoren (CO₂-Bilanz, verbrauchte Ressourcen, Recyclingfähigkeit), aber auch Informationen zu Produktbeschaffenheit, Produktionsbedingungen und Reparaturmöglichkeiten.

▶ Weitere Informationen: https://www.kurz-world.com



KLEIN UND WIRKUNGSVOLL

Die Energiegewinnung aus Sonne und Wind spielt eine zentrale Rolle beim Klimaschutz. Einen hohen Stromertrag erzielen die Anlagen aber nur bei einer sicheren Übertragung des Drehmoments und der exakten Ausrichtung der Solarmodule. Kupplungen und Schrumpfscheiben von KBK Antriebstechnik können dazu einen Beitrag leisten. Die Kupplungen zeichnen sich laut Unternehmen durch eine absolute Spielfreiheit und eine hohe Verdrehsteifigkeit aus. Da sie aus hochfestem Aluminium gefertigt werden, wiegen sie 50 % weniger als vergleichbare Kupplungen aus Stahl. Diese Leichtbauweise macht sie zur idealen Komponente für alle Anwendungen, die besonders energieeffizient sein müssen.

▶ Weitere Informationen: https://www.kbk-antriebstechnik.de

KREISLAUFFÄHIGE LKW-PLANE

Taschen und Accessoires aus gebrauchten Materialien herstellen, vor allem aus Lkw-Plane – das ist das Credo der Firma Freitag. Der Schweizer Hersteller entwickelt nun gemeinsam mit Covestro und anderen Industriepartnern eine kreislauffähige Lkw-Plane mit einem deutlich geringeren CO₃-Fußabdruck. Die Anforderungen an die Materialien sind sehr hoch: Sie müssen in vollem Umfang kreislauffähig sein, also nicht nur recycelt, sondern auch immer wieder in neuen Produkten verwendet werden können. Für ihre Nutzung als Lkw-Plane müssen die Materialien zudem wasser- und schmutzabweisend sein. Danach sollen sie Einsatz in Freitag-Taschen finden und schließlich auf chemischem Wege wieder in ihre Bestandteile zerlegt werden können. Gemeinsam mit dem Planenhersteller Heytex entwickelt Covestro eine Lösung auf Basis von thermoplastischem Polyurethan (TPU), das als Beschichtung auf ein robustes Polyestergewebe aufgebracht wird. TPU ist über einen weiten Härtebereich von 60 Shore A bis 80 Shore D verfügbar und kann mithilfe vieler verschiedener Prozesse verarbeitet werden. Da der Kreislauf ohne Downcycling mit chemischem Recycling geschlossen werden soll, wurde auch deshalb der Kunststoff als Material identifiziert.

Weitere Informationen: https://www.covestro.com



Springer Professional

Beitrag des Monats

Biosprit aus Weizenstroh autark erzeugt



Biokraftstoffe können eine Alternative zu direktelektrischen Antrieben sein. Ein drohendes Verbrennerverbot hat die Diskussion um die Technologieoffenheit im Individualverkehr deutlich beflügelt. An der TU Darmstadt wurde nun ein Verfahren effizienter gestaltet, mit dem aus Stroh direkt Biosprit hergestellt wird. Mit einer neuen Vergasertechnologie gelang es den Wissenschaftlern erstmals ohne externe Energie biogene Reststoffe zu stofflich

nutzbarem Synthesegas umzuwandeln. In der CO₂-Versuchshalle der Technischen Universität wurde dazu eine ein Megawatt (thermisch) leistende Pilotanlage errichtet um verschiedene thermische Wirbelschichtverfahren zu untersuchen. Als nächste Schritte sollen zwei weitere Versuchskampagnen mit der Pilotanlage im 1-MW-Maßstab folgen. Sie sollen den Vergasungsbetrieb, Chemical Looping Gasification genannt, optimieren und die Nachbehandlung und Reinigung des gewonnenen Synthesegases sowie die Synthese flüssiger Kraftstoffe darstellen. Wenn das gelingt, könnte das Verfahren großtechnisch umgesetzt werden.

Lesen Sie den ganzen Beitrag unter www.springerprofessional.de/ link/23246740

Weitere meistgeklickte Beiträge

Kraftwerksdaten intelligent und vorausschauend managen www.springerprofessional.de/link/23111620

Wärme mit Salz dreimal effizienter als mit Wasser speichern www.springerprofessional.de/link/13340766

Wärme des Rheinwassers wird zum Heizen genutzt www.springerprofessional.de/link/23331076

Infrarotheizungen unter bestimmten Bedingungen sehr effizient www.springerprofessional.de/link/23116658

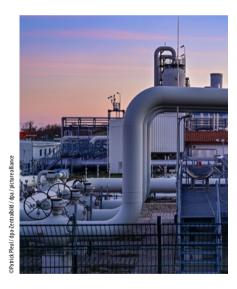
Salzwasserelektrolyse als Alternative zu hohem Süßwasserverbrauch

www.springerprofessional.de/link/20296132

H2-Bedarf in Deutschland wird Elektrolysekapazität übersteigen www.springerprofessional.de/link/23349848

Wofür die Industrie Erdgas braucht

Die Industrie ist der bedeutendste Abnehmer für Erdgas in Deutschland. Nach Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) entfielen im Jahr 2020 36 % des gesamten Erdgasabsatzes auf die Industrie, die damit mehr Erdgas verbrauchte als die privaten Haushalte mit 31 %. Erdgas ist zugleich der wichtigste Energieträger für die Industrie in Deutschland. Circa 31 % des gesamten Energieverbrauchs der Industrie im Jahr 2020 entfielen laut Statistischem Bundesamt auf Erdgas beziehungsweise Erdölgas. Strom als zweitwichtigste Energieform kam nur auf knapp 21 %. Die wichtigste



Anwendung von Erdgas in der Industrie ist die Erzeugung von Prozesswärme, auf die nach Angaben des Verbands Zukunft Gas 55 % des eingesetzten Erdgases entfällt. Heizöl, Koks und elektrische Energie sind in der industriellen Wärmeerzeugung vergleichsweise weniger bedeutend.

Lesen Sie den ganzen Beitrag unter www.springerprofessional.de/ link/20257708

Empfehlung des Monats

Nachhaltigkeit ganzheitlich betrachten

Viele Organisationen investieren inzwischen in den Klima- und Umweltschutz. Eine ganzheitlich nachhaltige Wertschöpfung ist jedoch noch Zukunftsmusik, zeigt die aktuelle Studie "Nachhaltigkeit durch Digitalisierung" von Sopra Steria und dem F.A.Z.-Institut. In öffentlichen Verwaltung und Unternehmen hat das Thema Klimaschutz die höchste Relevanz, wenn es um Nachhaltigkeitsthemen geht. So investieren 71 % der öffentlichen Verwaltungen in die "Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energien". Diese Maßnahme liegt bei den Unternehmen mit 65 %

Zustimmung auf Platz drei, nach dem Thema "Verbesserung der Material und Energieeffizienz" (78 %) und der "Reduktion von Schadstoffemissionen" (70 %). Soziale Nachhaltigkeit sowie eine auf Werte ausgerichtete Organisationsentwicklung werden deutlich seltener konkret angegangen. Für die Studie wurden im April 2022 322 Entscheiderinnen und Entscheider aus der öffentlichen Verwaltung und der Wirtschaft online befragt.

professional.de/link/23243230

Raus aus dem Labor

Graphen sorgt seit Jahren für Furore. Anwendungen für das 2D-Material werden bei Verbundwerkstoffen, der Energiespeicherung, bei Beton, Beschichtungen, Wärmemanagement oder Textilien erwartet. Aktuelle Anwendungsbeispiele zeigen, dass sich seit der Entdeckung 2002 einiges getan hat. Das Marktforschungsunternehmen IDTechEx mit Hauptsitz in Cambridge hat von Beginn an die Entwicklung des Materials verfolgt, 2012 eine erste Studie zu Graphen veröffentlicht und nun Erkenntnisse aus den letzten zehn Jahren zu einer Prognose verdichtet, die die Marktentwicklung von Graphen in den kommenden zehn Jahren beschreibt.

Mehr lesen Sie auf www.springer professional.de/link/23369378



Quartier nutzt Abwärme

Abwärme aus Rechenzentren wird bisher nur vereinzelt genutzt - das Potenzial ist jedoch riesig. Alle deutschen Rechenzentren produzieren jedes Jahr 13 Terawattstunden (TWh) Abwärme. Zum Vergleich: Deutsche Haushalte nutzen derzeit etwa 94 TWh erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung. Wie die Nutzung der Abwärme funktionieren kann, zeigt das neue Frankfurter Quartier Westville. Die über 1.300 Wohneinheiten, Kindergärten, Schulen und Gewerbeeinheiten, die hier entstehen, sollen mit der Abwärme eines Rechenzentrums auf der gegenüberliegenden Straßenseite beheizt werden. Die Abwärme gilt als CO₂-frei, was wiederum bei der Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben hilft, etwa des Gebäudeenergiegesetzes (GEG).

Lesen Sie den ganzen Beitrag unter www.springerprofessional.de/ link/23250660

Springer Professional, E-Magazin und Online-Archiv

Unser Wissensportal Springer Professional



Springer Professional

Eines steht fest: Die Anforderungen an Produkte aller Art steigen ständig. Um Entwicklungszeiten zu verkürzen und die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, muss in den Unternehmen die Wissensbasis laufend erweitert werden. Einen wichtigen Beitrag zur Informationsbeschaffung leistet hier das Wissensportal SPRINGER PROFESSIONAL. Unsere Rubrik MEISTGEKLICKT auf SPRINGER PROFESSIONAL hilft beim Finden von Informationen über Trends, die auch bei der Lösung von Aufgaben im Bereich Maschinenbau von Nutzen sein können. Lesen Sie hier die gekürzten Fassungen der monatlich am meisten geklickten Online-Beiträge aus dem Channel Energie + Umwelt und Maschinenbau + Werkstoffe..

Was ist SPRINGER PROFESSIONAL?

SPRINGER PROFESSIONAL ist eine digitale Fachbibliothek. Abonnenten dieses Wissensportals haben Volltextzugriff auf mehr als 50.000 Fachbücher und über 300 Fachzeitschriften. Diese Inhalte sind ansonsten nicht frei im Netz verfügbar.

Inhaltlich abgedeckt sind die folgenden Fachgebiete: Automobil + Motoren, Bauwesen + Immobilien, Business IT + Informatik, Elektrotechnik + Elektronik, Energie + Umwelt, Finance + Banking, Management + Führung, Marketing + Vertrieb, Maschinenbau + Werkstoffe, Versicherung + Risiko.

Weitere Infos unter springerprofessional.de

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

VORSCHAU

Die nächste Ausgabe NACHHALTIGE INDUSTRIE mit dem Titelthema Energieeffizienz erscheint im Dezember 2022.



IMPRESSUM

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung I Technologie I Wirtschaft

Verlag 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, Andreas Funk, Joachim Krieger Gesamtleitung Produktion Ulrike Drechsler



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

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Martin Faulstich

CHEFREDAKTEUR

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

REDAKTION Annika Dammann

Annika Dammann tel +496117878-159 · fax +49 611 787878-159 annika.dammann@springernature.com

Martina Klein

 $tel+496117878-295 \cdot fax+49\,611\,787878-296\\ martina.klein@springernature.com$

Christiane Imhof M. A.

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

Thomas Siebel

tel +49 6117878-261 fax +49 611 787878-261 thomas.siebel@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

VERKAUFSLEITUNG AUTOMOTIVE

Rouwen Bastian

tel +49 611 7878-399 fax +49 611 787878-399 rouwen.bastian@springernature.com

VERKAUFSLEITUNG MATERIALS +

ENVIRONMENT Ingo Rosenstock

tel +49 611 7878-146· fax +49 611 787878-146 ingo.rosenstock@springernature.com

MEDIABERATUNG

Espado GmbH

Am Kümmerling 21-25 55294 Bodenheim tel +49 6135 703780 info@espado.de

AD MANAGEMENT

Sandra Reisinger

tel +49 611 7878-174 · fax +49 611 787878-174 sandra.reisinger@springernature.com

LEITER VERTRIEB + MARKETING

Jens Fischer

jens.fischer@springernature.com tel +49 611 7878-340 · fax +49 611 787878-340

PRODUKTMANAGEMENT

Melanie Engelhard-Gökalp

tel +49 611 7878-315 \cdot fax +49 611 787878-315 melanie.engelhard-goekalp@springernature.com

SONDERDRUCKE

Ania Trabusch

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

PRODUKTION

Annegret Stollenwerk

tel +49 611 7878-168 · fax +49 611 787878-168 annegret.stollenwerk@springernature.com

Alle angegebenen Personen sind postalischunter der Adresse des Verlags erreichbar.

DRUCK

Wilco B.V., Vanadiumweg 9, 3812 PX Amersfoort, Niederlande

BEZUGSMÖGLICHKEITEN

Nachhaltige Industrie hat jährlich 4 Ausgaben. Bestellmöglichkeiten und Details zu den Abonnementbedingungen finden Sie unter www.mein-fachwissen.de/nachhaltigeindustrie

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 iedwede Verwertung eines Teils dieser Zeitschrift der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlags. Dies gilt ins besondere 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, ATZelektronik, 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

Ihr direkter Draht zur Nachhaltigen Industrie REDAKTION

2 +49 611 7878-159

KUNDENSERVICE

2 +49 6221 345-4303

ANZEIGEN

2 +49 611 7878-269

möchten, genügt eine kurze formale Nachricht per Fax an: 06123/92 38 244 oder eine E-Mail an leseprobe@vuservice.de.

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.

Gültige Version

Die gedruckte und die elektronische Fassung eines Beitrags können sich unterscheiden. Maßgeblich ist die Online-Version ("Version of Record") unter https://www.springerprofessional.de/nachhaltigeindustrie/18028278

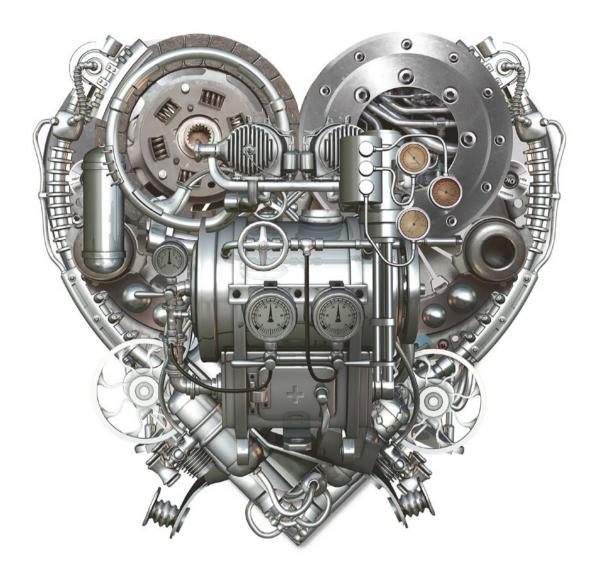
© Springer Vieweg |

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2022

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



Schweizer Präzision. Jetzt auch in Deutschland.



Das neue Magazin **maschinenbau** ist die Deutschland-Ausgabe des erfolgreichen Schweizer Industriemagazins. Es informiert mit Fachbeiträgen, Anwenderreportagen, Interviews und Nachrichten rund um das gesamte Thema Maschinenbau sowie über neuste Verfahren & Trends wie Industrie 4.0 und andere progressive Technologien.

Profitieren Sie von dem umfassenden Wissensvorsprung. Mit 6 Ausgaben im Jahr, inklusive E-Magazin und freiem Zugriff auf das Online-Fachartikel-Archiv. Ihr persönliches, kostenloses Leseexemplar finden Sie unter: meinfachwissen.de/maschinenbau





Jetzt kostenlos testen!

2020 creative republic / shutterstock





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.

WASSER BABFALL