

9-10 | 2023 umweltmagazin.de



Alle Kecnte vorbenalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet. Umwell Magazin

Nachhaltig . Konkret . Visionär



Neue Wege und Geschäftsmodelle, Kunststoffe wiederzuverwenden

Schadstoffe mit Plasma - also reaktiven Molekülen aus Wasser entfernen

Defekte Rotorblattwurzeln lassen sich direkt in Windparks reparieren



Strategisch investieren für die Energiewende

as Entwickeln und das Skalieren klimafreundlicher Technologien spielt auf dem Weg zu einer kohlenstoffarmen Zukunft die entscheidende Rolle. "Klimaneutral bis 2045" wird für die Bundesrepublik jedoch nur dann funktionieren, wenn sich neue Technologien schnellstmöglich im Markt etablieren können.

Dafür sind Investitionen in die "Hardware", also in saubere und umweltschonende Maschinen und Anlagen, dringend erforderlich. Zwar wächst das Investoreninteresse an grünen Technologien deutlich.

Die sogenannten ClimateTech-Unternehmen stehen aber vor der Herausforderung, dass frühphasige Risikokapitalgeber eher kurzfristige Finanzierungshorizonte und moderate Investitionssummen gewohnt sind.

Risikokapitalgeber für grüne Technologien haben sich in den vergangenen Jahrzehnten vor allem auf Unternehmen mit schnellen Skalierungsmöglichkeiten konzentriert – dies sind in der Regel Firmen, die digitale Technologien wie Software entwickeln. Häufig wird hier mit breiter Streuung und überschaubaren Summen in eine Vielzahl an Unternehmen investiert.

Dieser Ansatz lässt sich allerdings auf grüne, Hardware-lastige Technologien kaum übertragen.

Entsprechend können sie das enorme Mittel- und Langfristpotenzial vieler der ClimateTech-Unternehmen meist selbst nicht heben. Welche anderen Investoren können hier also eine entscheidende Rolle spielen? Denn solche Technologien zu entwickeln und umzusetzen, erfordert mehr Zeit und finanzielle Ressourcen. Sie bergen allerdings ein großes Skalierungspotenzial, sobald sie marktfähig sind.

Finanzierungsstrategien langfristig orientierter Investoren sind für Scale-up von ClimateTech-Unternehmen daher deutlich besser geeignet, um diese enormen Potenziale voll auszuschöpfen.

Eine langfristigere Strategie betreiben etwa sogenannte Infrastrukturinvestoren. Ähnlich kann auch über die ClimateTech-Holding econnext AG investiert werden, die in der Regel als Mehrheitsgesellschafter agiert und, als Industrie-Holding, keinen Fondsregularien unterliegt.

"Eine
entscheidende
Rolle können
(...) Energy-as-aService-Modelle
spielen, bei denen
der Investor nicht
nur in das Scaleup investiert,
sondern auch als
Projektfinanzierer
agiert."

Der Vorteil für Tochterunternehmen: Die Holding bietet neben Kapital langfristig operative Expertise und Netzwerkkontakte, um gepaart mit unternehmerischer Flexibilität, neue Technologien und Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln.

Trotz des globalen Megatrends Dekarbonisierung unterschätzen Investoren häufig noch das ökonomische Potenzial von ClimateTech-Scale-Ups.

Im Rennen um die Weltmarktführerschaft haben diejenigen den entscheidenden Vorteil, die bereits ein erfolgreiches Produkt sowie Abnehmer im Markt nachweisen können. In der Skalierungsphase kommt es dann auf die erfolgreiche Umsetzung kommerzieller Projekte an.

Eine entscheidende Rolle können dabei Energy-as-a-Service-Modelle spielen, bei denen der Investor nicht nur in das Scaleup investiert, sondern auch als Projektfinanzierer agiert – also auch die Hardware finanziert und dem Endkunden
damit über langfristige Verträge erneuerbare Energie zu günstigen und stabilen
Preisen zur Verfügung stellen. Durch
langfristig vorhersagbare Cashflows entsteht so ein hochattraktives Renditeprofil.

Eine Win-win-Situation, mit der sich weitblickende Investoren nicht nur eine attraktive Projekt-Pipeline sichern, sondern auch in einem Marktführer investiert sind, dessen Wachstum sie befördern.

Aus europäischer Sicht eröffnet sich damit eine historische Chance. Nachdem sämtliche Tech-Giganten der vergangenen 20 Jahre aus Asien oder den USA kamen, bietet die Kombination aus Gründergeist und weitblickenden Investoren nun die Möglichkeit, eine Vorreiterrolle im Bereich ClimateTech einzunehmen.

Die Voraussetzungen – gute Ideen, vielversprechende Gründerinnen und Gründer und Investorengelder – sind jedenfalls vorhanden; und hoffentlich auch der Mut von immer mehr Vorreitern, gemeinsam diese Chance zu ergreifen.



Dr.
Jobst von
Hoyningen-Hüne
Mitgründer &
Co-Geschäftsführer
econnext AG



Um Kunststoffrezyklate besser vermarkten zu können, sollten deren Reinheit als auch deren physikalische Eigenschaften bereits während der Herstellung gemessen werden. *Foto: Hoffmann+ Voss*



Studierende aus Aachen haben einen solarbetriebenen Wagen entwickelt und nehmen mit ihm im Oktober an einem Rennen quer durch das australische Outback teil. Foto: C. Odendahl/Team Sonnenwagen

Gastkommentar

3 Strategisch investieren für die Energiewende Jobst von Hoyningen-Huene

Nachrichten

6 Aus Unternehmen, Politik und Forschung

Kreislaufwirtschaft: Fokus Kunststoffe

- **12** Wertvolle Ressourcen

 Techniken und Geschäftsmodelle für

 Sekundärmaterialien aus Kunststoff
- **16** Stark mit mehr Rezyklat

 Kunststoffrezyklate bewähren sich
 in Faserverbunden
- **19** Leicht und robust unterwegs Modular aufgebaute Leichtfahrzeuge schützen das Klima und sind leicht zu reparieren
- **22** Mehr Mehrweg im Online-Handel ... ist möglich, doch es braucht mehr Rücknahmesysteme für Verpackungen
- **24** Digital Kunststoffe einfacher recyceln Mit automatisiert erhobenen Qualitätsdaten den digitalen Produktpasse beleben

Markt

- **27** Produkte

 Technische Antworten auf Umweltfragen
- **29** Projekte *Umwelttechnik in Forschung und Praxis*

Rohstoffe, Chemie & Bioökonomie

- **31** Mit Edelstahl gegen Wassermangel Meereswasser mit rostfreiem Stahl entsalzen
- **34** Mit der Kraft der Sonne ... und leichtgebaut in das Rennen

Luft, Wasser & Lärm

36 Neuartige Plasmatechnologie zur Wasserbehandlung Aktivierte Moleküle entfernen Mikroschadstoffe wie Arzneimittel und PFAS

Energie

- **39** Energetisch Sanieren: Chance oder Zwang? Gebäude sinnvoll sanieren
- **42** Hochtemperaturspeicher für die Wärmewende ... auch für Mittelständler

- **45** Wurzelreparatur in Windparks Vor Ort Rotorblätter reparieren
- **48** Teleskoplader: innovativ, effizient & nachhaltig

 Neue Maßstäbe an diese Maschinen

Abfall, Recycling & Kreislauf

49 Traktionsbatterien sinnvoll recyceln Neue Wege, Batterien aus E-Fahrzeugen wirtschaftlich wiederzuverwerten

Management & Recht

- **52** Ressourcen effizient und schonend nutzen

 Zwei VDI-Richtlinien helfen, Ressourcen effizient zu nutzen und zu schonen
- **54** Staatsprämie für Klimaschutz Größere Investitionen will die Bundesregierung finanziell unterstützen
- **56** Erdarbeiten logistisch verbessern Mit Geoinformationssystemen Klima, Umwelt und Ressourcen schonen

Organschaften

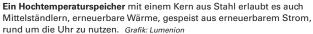
58 VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU)

4



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich Me recine volucinater. Dieses Dokument ist ausseinteister für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.





- **60** Verband der Betriebsbeauftragten (VBU)
- 62 Verband für Nachhaltigkeits- und Umweltmanagement (VNU)

Rubriken

10 Impressum

57 Vorschau

63 Standards

Wie lassen sich Holzpellets sicher lagern und was bedeutet welcher Begriff bei Elektroschrott und Bioökonomie

64 Umweltmärkte:

Deutscher E-Schrott in Nigeria Illegal verschifft, gefährdet er weiterhin Mensch und Umwelt etwa in Afrika

66 Literatur

Umwelt Magazin



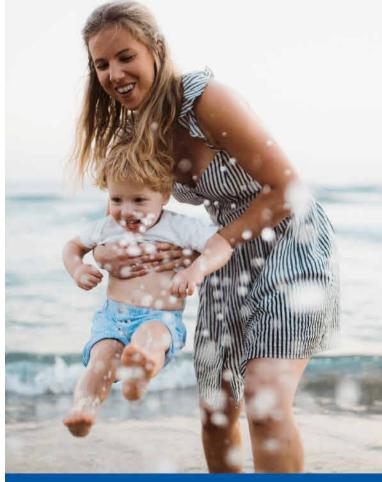
Reziprok-Projekt

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat zwischen 2019 und 2023 mit dem Förderprojekt "Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe" (ReziProK) 25 Initiativen gefördert, um neue Geschäftsmodelle für die Kreislaufwirtschaft in Verbindung mit öko-effizientem Produktdesign und digitalen Techniken zu entwickeln. Es ging etwa darum, mehr Rezyklate einzusetzen, einfache Reparaturvorgänge zu ermöglichen oder die Produktnutzungsdauer zu verlängern. Foto: PantherMedia albertobrian

Beilage:

Umweltinstitut

Offenbach GmbH



WASSER **UND LUFT** SIND LEBEN.

Mit Herdofenkoks HOK® und seiner konstanten Oualität können Schadstoffe sicher abgeschieden werden. Mit dem eigenen Rohstoff garantieren wir zudem Versorgungssicherheit.

Unsere Lösung für eine saubere Umwelt: hok.de





Typische Produkte hergestellt aus Polymethylmethacrylat (PMMA), besser bekannt als "Plexiglas". *Foto: Röhm*

90 Jahre Plexiglas

Dr. Otto Röhm, Mitbegründer der Firma Röhm & Haas OHG mit Sitz in Esslingen hat am 9. August 1933 den Markennamen Plexiglas beim Deutschen Patentamt registriert. Er konnte mit Kollegen Methylmethacrylat polymerisieren. Das Resultat war glasklares, hartes und bruchfestes Polymethylmethacrylat, kurz PMMA. Dieser als Plexiglas bekannte Kunststoff ist gut verarbeitbar, einfach zu formen und fast beliebig einfärben. Die Produkte sind schlagfest und sehr witterungsbeständig. Von Beginn an gab es PMMA einmal als Halbzeuge, aus denen unterschiedlichste Produkte gefertigt werden, und als Granulat, das als Formmasse in Spritzgießund Extrusionsverfahren eingesetzt wird. Heute gehören die Markenrechte für den Namen Plexiglas der Röhm GmbH mit Sitz in Darmstadt. www.roehm.com

Norden: geringere Entgelte

Die Bundesnetzagentur mit Sitz in Bonn hat sich für eine Strompreisreform mit niedrigeren Gebühren für Regionen mit viel Windkraft ausgesprochen. Davon würden vor allem nördliche Bundesländer profitieren. Zurzeit sind Netzentgelte dort, wo viele Windkraftanlagen stehen, oft höher als anderswo. Dafür sind einmal die Anschlusskosten für neue Stromquellen verantwortlich. Diese werden - seien es Windkraft- oder Photovoltaikanlagen aber auch Gaskraftwerke – unabhängig davon, ob der Strom vor Ort genutzt oder weitergeleitet wird, auf die regionalen Netzentgelte umgelegt. Zudem kostet auch "Wegwerfstrom": Erzeugen Windkraftanlagen mehr Strom, als ins Stromnetz eingespeist werden kann, weil Netze überlastet sind, werden sie abgeschaltet. Für den erzeugten Strom muss trotzdem gezahlt werden. Doch Netzentgelte werden künftig vielleicht anders festgelegt. Das Bundeskabinett hat im Mai 2023 eine Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes auf den Weg gebracht. Wird diese Änderung verabschiedet, will die Bundesnetzagentur einen Vorschlag für eine Strompreisreform mit niedrigeren Gebühren für Regionen mit viel Windkraft vorlegen. Nach einem Urteil des Europäischen Gerichtshofs müssen unabhängige Regulierungsbehörden die Netzengelte festlegen - in Deutschland ist dies die Netzagentur. Über eine solche eine Strompreisreform wird bereits seit Längerem diskutiert. Bundesländer im Norden mit einer vergleichsweise hohen Produktion erneuerbarer Energien würden sich freuen, doch aus Bayern ist bereits zu hören, dass Strom im Süden nicht teurer als im Norden sein darf. www.bundesnetzagentur.de



Windräder auf einer grünen Wiese bei Aurich in Niedersachsen an einem nebligen Augustmorgen. Foto: Panther Media/ahavelaar

Referenz für das Anthropozän

Die "Anthropocene Working Group", eine interdisziplinär besetzte Arbeitsgruppe von Forschenden, will den Crawford-See im Süden Kanadas zum Messpunkt für den Beginn des Anthropozäns, also des Menschenzeitalters, machen. Der See scheint ihnen dafür geeignet: Er ist gemessen an seiner Oberfläche mit 24 m tief und untere Wasserschichten mischen sich nicht mit oberen. Alles, was auf den Grund des Sees sinkt, wird dort aufbewahrt. Der See enthält viel Kalzium und Karbonat. Aus diesen Molekülen bildet sich in warmen Sommern das Mineral Kalzit, also Calciumcarbonat (Ca(CO₃)). Dieses Mineral sinkt zu Boden und bildet dort eine weiße Schicht. Jahr für Jahr lagern sich neue Schichten, die sich wie Jahresringen von Bäumen unterscheiden lassen, ab. Eine erste Erkenntnis: In den Schichten aus den 1950er-Jahren tauchen vermehrt Plutonium-Isotope als Überbleibsel der Atomwaffentests während des Kalten Krieges auf. Genau dieser Zeitpunkt soll für die Fachleute den Beginn des Anthropozäns markieren, also den Übergang in unsere menschengemachte Welt. Das bisherige Erdzeitalter, des Holozäns, begann vor 12 000 Jahren mit dem Ende der letzten Eiszeit.



Seegraswiesen wie hier in der Ostsee vor dem Ort Noer östlich von Eckernförde sind wichtige Lebensräume im flachen Wasser. Foto: Jan Dierking/Geomar

Seegraswiesen pflanzen, Klima schützen

Seegraswiesen sind im flachen Wasser Lebensraum und Laichgrund für Fische und andere Meeresbewohner, schützen Küsten vor Erosion, filtern das Wasser und können schneller und mehr CO2 speichern als jeder Wald an Land. Die Kehrseite: Sterben sie ab, werden sie zu CO₂-Quellen. In der Ostsee sind bereits rund 40 % aller Seegraswiesen verschwunden. Nährstoffe, die etwa durch Düngemittel wie Gülle in das Meer eingebracht werden, fördern das Wachstum von Algen, die dem Seegras Licht weg nehmen. Auch der Klimawandel trägt dazu bei: Ostseewasser wärmt sich im Schnitt dreimal so schnell auf wie das der Ozeane und oberhalb von 26 °C sterben die Wiesen ab. Forschende des Geomar Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung, Kiel, wollen die Küsten der Ostsee wieder begrünen. Sie suchen nach genetischen Seegrasvariationen, die trotz der klimatischen Veränderungen in der Ostsee weiter existieren können. Dafür sammeln sie Pflanzen im seichten Wasser, wo sie schon höheren Temperaturen ausgesetzt waren und züchten diese nach. Dieser Aufwand scheint sich zu lohnen: Ausgepflanzte Seegräser haben sich vermehrt. Jetzt wollen die Fachleute aus Kiel ihr Wissen an freiwillige Helfer*innen weitergeben, sodass schnell mehr Gräser wieder angepflanzt werden können.

Streit um Tiefseebergbau

Die Internationale Meeresbodenbehörde, die "International Seabed Authority" (ISA), mit Sitz in der jamaikanischen Hauptstadt Kingston, hat eine Zweijahresfrist für das Erstellen eines Regelwerks zum Tiefseebergbau verstreichen lassen. Hintergrund: Im Juli 2021 hat der Inselstaat Nauru stellvertretend für das kanadische Unternehmen "The Metals Company" mit Sitz in Vancouver danach gefragt. Damit hat der Inselstaat die ISA gezwungen, nach Vorgaben des Seerechtsübereinkommens der Vereinten Nationen, der "United Nations Convention on the Law of the Sea" (Unclos), binnen zwei Jahren über solch ein Regelwerk zu entscheiden. Dies misslang. Der Rat hat sich eine neue Frist bis 2025 gegeben. Trotz des weiterhin fehlenden Regelwerks können jetzt Abbauanträge an die ISA gestellt werden. Über den Umgang mit ihnen will der Rat bei ihrem Eingang entscheiden. Bei der Anfrage aus Nauru geht es um den Abbau von Manganknollen in 4000 bis 6000 m Tiefe. Sie entstehen über Millionen von Jahren aus Ablagerungen und enthalten Rohstoffe wie Mangan, Kobalt, Kupfer und Nickel. Auf den Knollen wachsen aber auch Schwämme und Korallen, die wiederum Lebensraum für zahlreiche weitere Tiere bieten. www.isa.org.im

Zu viele Pestizide

Vier von fünf kleinen Gewässern enthalten zu viele Wirkstoffe von Pestiziden, so die aktuelle Studie "Belastung von kleinen Gewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen", die das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig für das Umweltbundesamt (UBA) erstellt hat. UFZ-Mitarbeitende untersuchten für das Kleingewässermonitoring mehr als 100 Gewässerabschnitte in landwirtschaftlich geprägten Einzugs- gebieten von meist weniger als 30 km². In jeder zweiten Probe überschritten Wirkstoffe aus Pflanzenschutzmitteln die akzeptablen Konzentrationen. Kleine Gewässer waren sehr belastet: 80 % der untersuchten Bäche enthielten mehr Pestizidrückstände als erlaubt. Das Monitoring zeigte, ein wesentlicher Teil der Belastung gelangt durch Niederschläge in die Gewässer. Gewässerrandstreifen können diesen Oberflächenabfluss verringern, vermuten UFZ und UBA. www.uba.de & www.ufz.de



Ein Bach, zwar begradigt, aber geschützt von einem Randstreifen. Foto: PantherMedia/geogif (YAYMicro)



Jan Girschik, Wissenschaftspreisträger 2023 des Fördervereins des Fraunhofer-Instituts Umsicht. Foto: Fraunhofer Umsicht

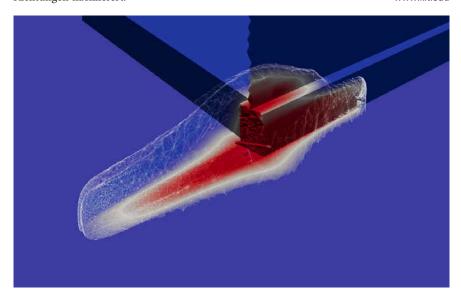
Vanadium-Akkus ohne Druckverlust

Der Förderverein des Fraunhofer-Instituts Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik Umsicht, Oberhausen, verlieh Jan Girschik von der Ruhr-Universität Bochum den Umsicht-Wissenschaftspreis 2023 für seine Dissertation über Vanadium-Flow-Batterien. In größeren dieser Akkus, die als stationäre Energiespeicher wichtig werden, können hohe Innendrücke entstehen, die Verformungen bedingen und deren Lebensdauer begrenzen können. Girschik hat nun design-technische Anpassungen der Elektroden entwickelt, die mit geringem Aufwand der Produktion in bereits kommerzialisierten Flow-Batterien übernommen werden können. Damit können die Druckverluste bei großformatigen Vanadium-Flow-Batterien um bis zu 70 % gesenkt und damit materialschädigende Verformungen innerhalb der Batteriezellen verhindert werden.

www.umsicht.fraunhofer.de

Lithium aus Deutschland

Mit bestehenden Geothermiebohrungen im Oberrheingraben könnte über mehrere Jahrzehnte Lithium (Li) gefördert werden. Das zeigen Analysen von Forschenden des Instituts für Angewandte Geowissenschaften (AGW) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Bestehende Geothermiekraftwerke im Oberrheingraben und im Norddeutschen Becken können zwischen 2 und 12 % des jährlichen Li-Bedarfs in Deutschland decken. Lithium ist in Tiefenwasser, das in einem weitverzweigten Netzwerk aus Klüften und Hohlräumen im Gestein vorkommt, gelöst. Um das Potenzial der Li-Gewinnung zu berechnen, haben sie berücksichtigt, wie viel Wasser gefördert werden kann, welche Menge des Metalls dieses enthält und wie viel davon pro Zeiteinheit extrahiert werden kann. Da bei der Geothermie das geförderte Wasser nach der Nutzung über eine zweite Bohrung wieder in den Untergrund zurückgeführt wird, wurde auch abgeschätzt, ob der Li-Gehalt des Tiefenwassers mit der Zeit abnimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Li-Konzentrationen in der Förderbohrung im ersten Drittel des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren durch Verdünnung mit dem zurückgeführten Wasser wohl um bis 50 % sinken wird, sich danach aber einem konstanten Wert annähert. Dies ist, so die Fachleute, auf das offene Kluftsystem zurückzuführen, das kontinuierlich frisches Tiefenwasser aus anderen Richtungen nachliefert. www.kit.edu



Grafische Darstellung der Ausbreitung des Lithium-abgereicherten Thermalwassers um die Injektionsbohrung entlang der Störungszone nach 30 Jahren. *Grafik: Valentin Goldberg / Fabian Nitschke*

Kreislaufwirtschaft: Mechanik vor Chemie

Drei Verbände haben Ende August ein "Gemeinsames Leitbild zu einer Kreislaufwirtschaft mit Kunststoffen" vorgestellt: der Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Kreislaufwirtschaft (BDE) aus Berlin sowie PlasticsEurope Deutschland und der Verband der chemischen Industrie (VCI) jeweils aus Frankfurt am Main. Sie sprechen sich für ein vorrangiges mechanisches Recycling aus und sagen ja zum chemischen Recycling jener Kunststoffabfälle, die sich für werkstoffliche Verfahren nicht eignen. Weil der Bedarf an Kunststoffen etwa in der Energie- und Mobilitätswende, im Gesundheitswesen und der Verpackungsindustrie weltweit steigen wird, müssen Produktdesign, Abfallvermeidung, Entsorgung, Sammlung, Sortierung und Recycling von Kunststoffen global verbessert werden. Sie sehen Deutschland in einer Vorreiterrolle. Mit seiner noch führenden Chemie-, Kunststoff- und Recyclingindustrie sollte das Land Lösungsmodelle in Herstellung und Recycling für die effektive Verwendung des vielseitigen Werkstoffs zu entwickeln und umzusetzen. Die drei Verbände arbeiten auch an der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie des Bundesumweltministeriums mit. Das Leitbild ist nachzulesen unter: https://plasticseurope.org/de



Fünf der sechs "Responsible Care"-Preisträger 2023 des Verbands der Chemischen Industrie (VCI) haben sich um Ulrike Zimmer, Bereichsleiterin Wissenschaft, Technik und Umwelt des VCI, gruppiert (von links nach rechts): Thomas Zwerger, Roche Diagnostics, Rainer Stahl und Hermann Becker, Evonik, Clemens Schwörer, CHT Germany, sowie Stefan Höser. BASF Lampertheim. Foto: VCI/Hans F. Daniel

Chemie: sechs Vorbilder

Der Verband der Chemischen Industrie (VCI) zeichnete im September fünf Chemieund Pharmaunternehmen für ihren sparsamen Umgang mit Energie aus. Den ersten Platz gab eine unabhängige Jury an das Essener Unternehmen Evonik: für die "Abwärmenutzung am Standort Rheinfelden" in Baden-Württemberg und an das Projekt "Technische Optionen zur Rückgewinnung thermischer Energie" am Standort Herne in Nordrhein-Westfalen. An beiden Standorten wird überschüssige Wärme der Allgemeinheit zur Verfügung stellen. Auf dem zweiten Platz folgte der Standort Oyten der Tübinger Spezialchemikalienfabrik CHT Germany mit dem "Drei-Wege-Plan zur Energieeinsparung: Standardisierung, Automatisierung und Optimierung". Mit ihm konnte der prozessgetriebene Energieverbrauch bereits am Standort Oyten um 10 % gesenkt werden. Platz 3 vergab die Jury an den bayerischen Standort in Penzberg von Roche Diagnostics International aus Rotkreuz in der Schweiz für das Projekt "COHP-Niedertemperatur-Warmwasser-System Penzberg". Das Hauptziel ist, bei der Wärmeversorgung in Penzberg ohne fossile Energieträger auszukommen. Der Mittelstandspreis ging dieses Jahr ebenfalls nach Bayern: Mit dem Projekt "Hochleistungs-Energiepfähle zur energieeffizienten Bereitstellung von Kühlwasser" entschied das Unternehmen Rudolf aus Geretsried den Wettbewerb für sich: dank oberflächennaher Geothermie zur Kühlung spart es rund 93 % an Kühlenergie ein. Den Digitalisierungspreis gewann der BASF-Standort in Lampertheim, Hessen, mit dem "Nachhaltigen Umgang mit Erdgas in der Energiekrise". Dahinter verbirgt sich die Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche zur Anzeige aufbereiteter Daten, eines Dashboards, die es ermöglicht, die Wirtschaftlichkeit, die CO₂-Bilanz und den Gasverbrauch verschiedener Produktionsszenarien zu visualisieren und mittels künstlicher Intelligenz vorherzusagen. Damit konnte das Unternehmen am die Produktion während der Gasknappheit aufrechterhalten und 10 Mio. m³ Erdgas einsparen. www.vci.de

PERSONALIEN

Seit 15. August 2023 ist Holger Hanselka Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und folgt damit auf Knut Paul Reimund Neugebauer. Zuvor war Hanselka Präsident des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Bis zum Amtsantritt einer neuen Präsidentin oder eines neuen Präsidenten am KIT wird Oliver Kraft, Vizepräsident Forschung des KIT, das Institut nach außen vertreten. www.fraunhofer.de

Roman Gaida wird zum November bei Bürkert Fluid Control
Systems in Ingelfingen die
vakante Position des Chief
Sales Officers (CSO) übernehmen. Nach sechs Jahren bei
Mitsubishi Electric Europe wird
er damit fortan das Führungsteam des Fluidikspezialisten
komplettieren und als Mitglied
der Geschäftsführung die globalen Vertriebs- und Marketingaktivitäten verantworten.

www.wind-energie.de

Martina Merz, Vorstandsvorsitzende des Duisburger Industriekonzerns Thyssenkrupp hört vor zeitig auf. Die Maschinenbauingenieurin hat das Amt seit 2019 inne. Als Nachfolger ist der Kaufmann Miguel Ángel López Borrego im Gespräch.

www.thvssenkrunn.com



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Tur die interne verwendung oestmint. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

IMPRESSUM

UmweltMagazin

ISSN 0173-363 X, 53. Jahrgang 2023

Herausgeber

Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Organschaften

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), Düsseldorf Verband der Betriebsbeauftragten e. V. (VBU), Essen Verband für Nachhaltigkeits- und Umweltmanagement e. V. (VNU), Bad Soden Für VDI-Mitglieder ist der Bezug im

Mitgliedsbeitrag enthalten.

Dr. Ralph Heinrich Ahrens, Chefredakteur Telefon: +49 211 6103-326 rahrens@vdi-fachmedien.de Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell Redaktionsleitung VDI Fachmedien Telefon: +49 211 6103-104 uschnell@vdi-fachmedien.de Sandra Schüttler, Redaktionsassistenz Telefon: +49 211 6103-124 Ines Henning, Redaktionsassistenz Telefon: +49 211 6103-311 umweltmagazin@vdi-fachmedien.de

Redaktionsbeirat

Dr.-Ing. Jochen Theloke, VDI-GEU, Düsseldorf Lennart Schleicher, Vorsitzender VNU. Frankfurt am Main Prof. Dr.-Ing. Hans-Friedrich Hinrichs, Geschäftsführer KTB GmbH, Gladbeck Martin Ittershagen, Pressesprecher Umweltbundesamt, Dessau Claudia Nauta, Produktmanagerin DGQ, Frankfurt am Main Prof. Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt, Wissenschaftlicher Direktor Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Duisburg Bernhard Schwager, Vorsitzender VBU, Essen

Autorenhinweise/Veröffentlichungsgrundlagen: www.umweltmagazin.de

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG Unternehmen für Fachinformationen VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf Commerzbank AG SWIFT/BIC-Code: DRES DE FF 300 IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

Geschäftsführung

Ken Fouhy, B.Eng.

Lavout

Ulrich Jöcker

Leitung Media Sales

Petra Seelmann-Maedchen Telefon: +49 211 6188-191 pmaedchen@vdi-nachrichten.com

Anzeigenverkauf

CrossMediaConsulting Wolfgang Ernd GmbH Wichmannstraße 4 - Haus 1 - 22607 Hamburg Arnd Walgenbach Telefon: +49 40 881449-370 Fax: +49 40 881449-11 awalgenbach@cmc-web.de

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 49 vom 1. Januar 2023.

Vertrieb und Leserservice

Leserservice VDI Fachmedien 65341 Eltville Telefon: +49 6123 9238-202 Fax: +49 6123 9238-244 vdi-fachmedien@vuservice.de

Bezugspreise

6 Ausgaben Jahresabonnement: € 145,20 (E-Paper € 124,70) VDI-Mitglieder: € 130,68 (E-Paper € 112,23) nur für persönliche Mitglieder Studenten: € 88,- (E-Paper € 75,60) gegen Studienbescheinigung Preise Inland inkl. MwSt., Ausland exkl. MwSt. zzgl. Versandkosten (Inland: € 13,–, Ausland € 21,30, Luftpost auf Anfrage) Einzelausgabe: € 25,-, Inland inkl. MwSt., Ausland exkl. MwSt. zzgl. Versandkosten.

Die Mindestlaufzeit beträgt 12 Monate. Im Anschluss an die Mindestlaufzeit ist das Abonnement jeweils zum Monatsende

KLIEMO AG, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Weitere Informationen: umweltmagazin.de

UmweltMagazin ist Mitglied der European Environmental Press.



Auflage IVW-geprüft



Etwas weniger Abfall

Das Abfallaufkommen betrug 2021 nach vorläufigen Angaben des Statistischen Bundesamts 411,5 Mio. t. Das waren vor allem wegen des Rückgangs der Bau- und Abbruchabfälle 0,6 %beziehungsweise 2,5 Mio. t weniger als 2020. Der Rückgang des Abfallaufkommens setzt sich damit seit dem Höchststand 2018 mit 417,2 Mio. t weiter fort. www.destatis.de



Die "Ultra Low Emissions Zone" (Ulez) in London wurde ausgeweitet. Foto: PantherMedia/TKKurikawa

Gesund in der ganzen Stadt

Der Londoner Bürgermeister Sadiq Khan hat die "Ultra Low Emission Zone" (Ulez) auf das gesamte Stadtgebiet ausgeweitet. Die Ulez, die sein Amtsvorgänger Boris Johnson 2015 für die City angekündigt hat, gilt dort seit September 2020. Khan hat die Umweltzone im Herbst 2021 erstmals erweitert und im August 2023 auf "Greater London" ausgedehnt. Denn sie wirkt: In der Innenstadt sank die Belastung mit Stickstoffdioxid (NO₂) um die Hälfte. Für sehr umweltschädliche Fahrzeuge ist innerhalb der Zonengrenzen eine Gebühr von 12,50 £ (14,56 €) pro Tag vorgesehen. Wer diese nicht zahlt, muss mit einer Geldstrafe von bis zu 180 £ pro nicht bezahltem Tag rechnen.

www.london.gov.uk



Die Firma Grünbeck stellt individuelle Komplettanlagen zur Wasserstoffgewinnung zur Verfügung. Sie sind auf einem Rahmenmodulsystem montiert. Foto: Grünbeck

Umkehrosmose für grünen Wasserstoff

Um in Elektrolyseuren Wasserstoff herzustellen, ist reinstes Wasser erforderlich. Je nach Elektrolyseart muss die elektrische Leitfähigkeit des Wassers unter 0,1 μ S/cm liegen. Dazu kombiniert die Firma Grünbeck aus Höchstadt an der Donau im bayrischen Schwaben die Umkehrosmose mit einer nachgeschalteten Elektrodeionisation. Bei dieser Osmose wird Rohwasser mit Druck durch eine halbdurchlässige Membran gepresst. Keime, Schwermetalle, Partikel und bereits bis zu 98 % der gelösten Salze werden dabei zurückgehalten. Dieses Wasser hat noch eine Leitfähigkeit von etwa 20 μ S/cm. Der Clou ist die nachfolgende Elektrodeionisation: Hier werden selektive Membranen mit einem Ionenaustauscherharz kombiniert. Die speziellen Membranen halten Ionen entsprechend ihrer Ladung zurück, die restlichen Ionen bleiben am Harz hängen. Damit sinkt die Leitfähigkeit des dann sehr salzarmen Wassers unter 0,1 μ S/cm. Durch Anlegen von Strom wird das Harz durch die erzeugten Wasserstoffionen, auch Protonen (H+) genannt, und Hydroxidionen (OH-) kontinuierlich regeneriert. Dieser Vorgang erfolgt ohne Betriebsunterbrechung und ohne Einsatz weiterer Chemikalien.

Klimaneutraler Stahl bei Osnabrück

Der Elektrostahlhersteller Georgsmarienhütte bei Osnabrück und der Energiedienstleister EWE aus Oldenburg wollen gemeinsam Wasserstoffprojekte umsetzen und die Transformation im Nordwesten Niedersachsens voranbringen. Alexander Becker, Geschäftsführer der Georgsmarienhütte Unternehmensgruppe (GMH Gruppe), und EWE-Vorstandsvorsitzender Stefan Dohler haben dazu eine Absichtserklärung unterzeichnet. Von 2039 an soll der Stahl aus Georgsmarienhütte unter anderem durch den Einsatz grünen Wasserstoffs vollständig klimaneutral hergestellt werden. EWE will diesen Wasserstoff aus Erzeugungsanlagen im Nordwesten Deutschlands liefern. Als Zwischenschritt will die GMH-Gruppe ihre Emissionen bis 2030 halbieren – mit verbesserten Prozessen um die Elektrolichtbogenöfen, dem Einsatz von Ökostrom, biogener Kohle sowie dem von Wasserstoff anstelle von Erdgas. EWE will nah der deutschen Nordseeküste bis zu 400 MW Elektrolysekapazität aufbauen, mit der von 2026 an jährlich bis zu 40000 t grünen Wasserstoff hergestellt werden kann. Bedarfsgerecht will EWE diese Kapazitäten bis 2033 bis in den GW-Maßstab auszubauen. Der Wasserstoff soll über neu entstehende Wasserstoffpipelines transportiert werden.

www.ewe.com & www.gmh-gruppe.de

Kläranlagen verändern Ökosysteme

Einleitungen aus Kläranlagen bewirken, dass manche wirbellose Tiere verloren gehen und andere profitieren. Dies haben Biolog*innen der Goethe-Universität in Frankfurt am Main in Abwässern von 170 Kläranlagen in Hessen vor allem in Bächen und kleineren Flüssen beobachtet: Während Larven von Steinund Köcherfliegen vielfach fehlten, vermehrten sich einige Würmer und Krebstiere vermehrt. Und flussabwärts von Kläranlagen verändern sich Ökosysteme zugunsten gegenüber Schadstoffen toleranter und zum Nachteil empfindlicher Arten. Die Studie belegt, das diese Veränderungen allgegenwärtig sind. Abhilfe kann der vermehrte Einsatz moderner Reinigungstechniken wie Ozonung oder mit Aktivkohle in Kläranlagen schaffen, mit deren Hilfe eine breitere Palette von Schadstoffen inklusive Spurenstoffen aus dem Abwasser entfernt werden kann, bevor diese in die Gewässer gelangen. www.bio.uni-frankfurt.de



Behandelte Abwässer werden etwa in Bäche eingeleitet. Auf diese Weise gelangen auch Spurenstoffe, die Lebensgemeinschaften verändern, in die Gewässer. Foto: Jourdan

Wertvolle Ressourcen

Eine effiziente Kreislaufwirtschaft soll die lineare Wirtschaftsweise erfolgreich ablösen. Eine Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) nennt Hemmnisse, aber auch neue Techniken und neue Geschäftsmodelle.

Henning Friege

ie lässt sich die lineare Wirtschaftsweise mit ihrem enormen Ressourcenverbrauch überwinden? Diese Fra-Mittelpunkt Fördermaßnahme "Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft - Innovative Produktkreisläufe", kurz "ReziProK". Mit diesem Verbundvorhaben unterstützte das BMBF Projekte, die sich mit der Erforschung und Entwicklung von Innovationen für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft befassen (siehe Kasten).

In dem Projekt wurden innovative Techniken gesucht und gefunden als auch neue Geschäftsmodelle getestet. Denn das zeigen die Erfahrungen der vergangenen Jahre: Technische Verbesserungen etwa für die Sortierung von Bau- oder Verpackungsabfällen erhöhten zwar die Menge abgetrennter Stoffe. Ein durchschlagender wirtschaftlicher Erfolg für stoffliche Verwertung ist aber oft nicht zu erkennen. Um von der immer noch weitgehend linearen zu einer mehr zirkulären Wirtschaftsweise zu gelangen, müssen neue Technologien mit neuen Geschäftsmodellen verbunden werden.

Zirkuläre Strategien

Um das lineare Wirtschaftsmodell zu überwinden, lassen sich neben der stofflichen oder energetischen Verwertung weitere Strategien nutzen (siehe **Grafik**).

Die Strategien Überdenken (R1) und Verringern (R2) dienen dazu, stoffliche Verwertung (R8) zu erleichtern und Re-



Verschiedene Mahlgut-Polymere nach Zerkleinerung im Schredder für das Recycling.

paraturen, Nachrüstung oder Wiederaufarbeitung (R4 bis R7) zu ermöglichen. Damit ergeben sich auch bessere Chancen für die zweite oder dritte Nutzung eines Produkts mit dem gleichen (R3) oder einem anderen Zweck (R7).

Wichtigster Indikator für den Erfolg eines zirkulär angedachten Prozesses oder Produktes ist, den materiellen Ressourcenverbrauch zu verringern und dies möglichst verbunden mit einer weiteren Entlastung der Umwelt und des Klimas, also einem geringerem Energieverbrauch, weniger Abfall, keine Verschleppung von Schadstoffen, entsprechend der Definition der "Kreislaufwirtschaft" nach der EU-

Verordnung über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen, der sogenannten Taxanomie-Verordnung, aus dem Jahr 2020.

Kreislaufwirtschaft ist danach ein Wirtschaftssystem, bei dem der Wert von Produkten, Materialien und anderen Ressourcen so lange wie möglich erhalten bleibt und ihre effiziente Nutzung in Produktion und Verbrauch verbessert wird, wodurch die Auswirkungen ihrer Nutzung auf die Umwelt reduziert und das Abfallaufkommen sowie die Freisetzung gefährlicher Stoffe in allen Phasen ihres Lebenszyklus minimiert werden, auch durch Anwendung der Abfallhierarchie.

12

Stolpersteine überwinden

Zahlreiche Probleme erschweren das Verwerten nicht nur von Kunststoffprodukten. In Reziprok werden solche Stolpersteine benannt.

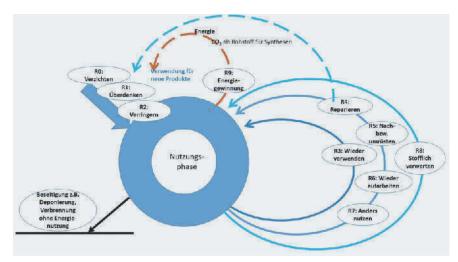
Bei Sortieranlagen für Verpackungen kommen etwa Plastikgebinde unterschiedlicher Zusammensetzung an, die mit einem hohen Anteil an Restabfall belastet sind. Isoliermatten, Fußbodenfliesen und dergleichen aus Abbruch- und Modernisierungsmaßnahmen können je nach Baujahr und Herkunft hohe Schadstoffbelastungen enthalten.

Bei Elektro- und Elektronikgeräten lassen sich Kunststoffteile oft nicht von Metallen trennen; Schreddern führt zu einem allenfalls als Ersatzbrennstoff tauglichen Gemisch. Ein generelles Hindernis beim Recycling ist, dass Informationen über Alter und Zusammensetzung der angelieferten Altprodukte fehlen.

Der bei der stofflichen Verwertung meist eintretende Qualitätsverlust drückt Erlöse für Sekundärrohstoffe. Vorbehalte gegenüber Sekundärrohstoffen gibt es bei Verbrauchern und auch in vielen Branchen, zumal Industrienormen oft nur auf qualitative Aspekte primärer Materialien zugeschnitten sind.

Der Versuch, höhere Qualitäten zu erzielen, kostet zusätzliche Energie, verringert die Ausbeute und verteuert Sortierund Reinigungsprozesse.

Produkte aus Haushalten, die sich wie weiße Ware gut stofflich verwerten lassen, kommen oft gar nicht bei den zugelassenen Recycling-Betrieben an, sondern werden von informellen Sammlern auf Hinterhöfen ausgeschlachtet.



Grafik Neun verschiedene "R-Strategien", um eine Kreislaufwirtschaft mit dem Ziel eines niedrigeren Verbrauchs stofflicher Ressourcen voranzubringen. Der Buchstabe "R" steht im Englischen für eine Alliteration von mehreren Möglichkeiten, gebrauchte Produkte und ihre Inhaltsstoffe erneut zu verwenden wie "Refuse", "Remanufacture" oder "Recovery of energy". Grafik: verändert & ergänzt nach [1]

Fünf Stolpersteine in Kurzform (siehe auch **Tabelle**):

- Enthalten Produkte viele verschiedene Materialien, führt das bei Sortierung und Trennung in der Regel zu einem hohen Energieaufwand. Lösung: Wird beim Design auf Reparatur- und Recyclingfähigkeit geachtet, lässt sich der Energieaufwand verringern.
- Werden Produkte weiträumig verteilt, erhöht das den Energieaufwand bei der Rückführung von gewerblichen oder privaten Nutzern. Lösung: Rückführung gebrauchter Produkte organisieren durch Verbleib des Eigentums beim Hersteller, durch Leasing- und Mietmodelle oder die Einführung von Pfändern.
- Fehlende Kenntnis der materiellen Zusammensetzung von Produkten er-

- schwert deren Recycling. Lösung: Digitale Mitführung von Informationen über das Produkt bis zum Abfall sowie durch künstliche Intelligenz unterstützte Methoden zur Identifikation und Zustandsbewertung gebrauchter Produkte.
- Enthalten Produkte Schadstoffe, muss dies bei der Rückgewinnung von Ressourcen oder der erneuten Nutzung von Produkten beachtet werden. Lösung: Bei langlebigen Produkten nicht vermeidbar, aber durch Information einfacher zu erkennen.
- Die Rahmenbedingungen können sich ändern: Zum einen können sich das Aufkommen von Altprodukten in Relation zum Zeitraum des Inverkehrbringens von Produkten verändern. Lösung: Miet- oder Leasing-Modelle oder Her-

Kurzbezeichnung	Wirkung	Maßnahmen zur Überwindung
Material- und Stoffvielfalt	Hoher Energieaufwand, bei der Sortierung und Aufbereitung von Produkten	Produktdesigns an Ansprüchen für Reparatur- und Recyclingfähigkeit ausrichten
Weiträumige Verteilung	Hoher Energieaufwand für die Rückführung von Produkten von gewerblichen und privaten Nutzern	Rückführung gebrauchter Produkte vereinfachen durch Verbleib des Eigentums beim Hersteller, durch Leasing- und Mietmodelle oder durch Pfandsysteme
Gefährliche Stoffe	Verunreinigung von Produkten durch Sekundärmaterialien	Beim Produktdesign inhärent sichere Stoffe verwenden und in Abfällen gefährliche Stoffe erkennen und entfernen
Informationsdefizite	Mangelnde Kenntnis der materiellen Zusammensetzung von Produkten	Digitale Mitführung von Informationen bis zum Abfall sowie Kl-unterstützte Methoden zur Identifikation und Zustandsbewertung gebrauchter Produkte
Änderungen mit der Zeit	a) Verändertes Aufkommen von Altprodukten in Bezug zum Zeitraum des Inverkehrbringens von Produkten b) Geänderte Einschätzung der Gefährlichkeit oder Nutz- barkeit von Stoffen	a) Produkte bleiben Eigentum der Hersteller sowie Miet- oder Leasing-Modelle b) nicht lösbar

Tabelle Fünf "Stolpersteine" für Recycling und Wiederverwendung und mögliche Maßnahmen zu deren Überwindung im Rahmen neuer Geschäftsmodelle.

für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

steller behalten die Eigentumsrechte an den Produkten. Zum anderen kann sich Einschätzung der Gefährlichkeit oder Nutzbarkeit von Stoffen mit der Zeit ändern: Hier gibt es keine Lösung.

Systemisches Denken

In der Fördermaßnahme Reziprok wurden nun Techniken und Geschäftsmodelle getestet, um diese Stolpersteine zu überwinden

Mit einem veränderten Design können unterschiedliche Ziele im Sinne der Verlangsamung oder Schließung von Material- oder Produktströmen erreicht werden. So würde es helfen, die Vielfalt von Stoffen in einem Material zu verringern, deren Reparierbarkeit durch Modularität oder Zerlegbarkeit zu verbessern oder durch leichtere Trennung die stoffliche Verwertung zu erleichtern.

Einige Beispiele: Im Projekt "Faserverstärkung zur Erhöhung der Ressourceneffizienz" (All-Polymer) wurden Kunststoff-Faserverbunde, so genannte "Tapes", genutzt, um in drei verschiedenen Industrie-Produkten bei gleichbleibender oder sogar verbesserter Funktionalität den Anteil an Rezyklat deutlich zu erhöhen. Die so hergestellten Produkte können durch Ablösung der Tapes bei leichtem Erhitzen einer erneuten Verwertung zugeführt werden (s. S. 16).

Im Projekt "Produktzirkularität durch modulares Design" (MoDeSt) standen Smartphones und Tablets im Mittelpunkt, die durch austauschbare Module einfacher repariert und länger genutzt werden können. Im Projekt "Kreislaufgerechter Open-Source-Baukasten für elektrisch angetriebene Poolfahrzeuge" (Kosel) wurde ein modulares Leichtbau-Kfz-Fahrwerk entwickelt, welches durch die zweimalige Wiederaufbereitung und Wiederverwendung wesentlicher Baugruppen insgesamt drei "Lebenszyklen" durchlaufen kann.

Das Projekt "Light Electric Vehicle modular - mit neuer Mobilität zur ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft" (LEVmodular) steht für die Entwicklung eines Kleintransporters auf Basis von Faserverbund-Materialien für den Stadtverkehr (s. S. 19). Dieses leichte Fahrzeug ist modular aufgebaut, kann gut zerlegt, umgebaut und repariert werden.

Präzise Daten über die Zusammensetzung von Materialien und deren physikalische Eigenschaften sind Voraussetzungen dafür, primäre durch sekundäre

DAS REZIPROK-PROJEKT

jekte adressierten ein breites Themenrung des Einsatzes von Rezyklaten über eine längere und intensivere Nutzung von Produkten, vereinfachten Reparaturvorgängen etwa durch 3-D-Druck bis hin zur Verfolgung des hungsweise der Identifizierung von Materialien oder Maschinenteilen.

Rohstoffe zu ersetzen. Im Projekt "Digitale Lösungen für industrielle Kunststoffkreisläufe" (DiLink) wurden dazu Messungen für bestimmte Parameter durchgeführt und die jeweiligen Messwerte mit den für die Verwertung der Rezyklate in Frage kommenden Kunden digital vernetzt (s. S. 24).

Im Projekt DiTex wurde die Lebensdauer von Berufskleidung aus Polyester und Baumwolle durch Pflege und Reparatur, Einsatz von Rezyklaten für die Herstellung der Produkte und Verwertung der Produkte nach Gebrauch verlängert.

Mit Sensor- und Kameratechnik, die durch künstliche Intelligenz (KI) beim "Lernprozess" unterstützt wird, lassen sich gebrauchte Fahrzeugteile wie Anlasser identifizieren; außerdem kann deren Zustand eingeschätzt werden. Das wurde im Projekt "Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen anhand von Produktdaten sowie Informationen über bisherige Lieferungen" (EIBA) gezeigt. Das selbstlernende System erarbeitet zudem Vorschläge, die von den mit der Prüfung beschäftigten Fachleuten angenommen oder abgelehnt werden können.

Neue Geschäftsmodelle

Die Verteilung von Produkten an Millionen von Nutzern macht eine industrielle Verwertung oder Wiederverwendung nahezu unmöglich. Die gezielte Rückführung von Produkten könnte daher alle

"R"-Strategien erleichtern. Die Rücknahme von Produkten entweder durch Leasing, Verleihen oder vorab vereinbartem Rückkauf ist Bestandteil mehrerer Geschäftsmodelle, die sich an gewerbliche Kunden richten ("B2B"):

Bei Berufskleidung ist dies heute durchaus üblich. Für die Bauwirtschaft wurde im Projekt "RessProKa" ein Weg entwickelt, um Bauteile, wie Doppelböden und Wände, wieder zu nutzen.

Ob solche Modelle für Haushalte erfolgreich eingesetzt werden können, hängt vom Produkttyp und einer veränderten Haltung zu Besitz statt Eigentum ab. Im Projekt "Nutzerintegrierte Entwicklung und Erprobung praxistauglicher ressourceneffizienter Mehrwegverpackungslösungen im Versandhandel" (praxPack) (s. S. 22) wurden Vertriebssysteme für Mehrweg-Verpackungen aus dem Kunststoff Polypropylen für den Internet-Handel getestet, wobei der Rückversand vom Kunden beispielsweise über ein "pay-percycle-System" erfolgt.

Bei dem Projekt Wear2Share wurde zwar festgestellt, dass der Markt für Kleidertausch und Mietbekleidung gerade bei hochwertiger Damenmode und Kinderbekleidung Potenzial hat. Dabei sind aber Hindernisse, wie geringer Bekanntheitsgrad und Sorge vor Haftung für Schäden und "gefühlte" hygienische Bedenken, zu überwinden. Der Markt für ein solches Geschäftsmodell würde von der Einführung einer erweiterten Herstellerverantwortung, einer "extended producer responsibility", für Hersteller und Importeure von Bekleidung auf EU-Ebene erheblich profitieren.

Zahlreiche der getesteten Geschäftsmodelle sind Produkt-Service-Systemen zuzuordnen. Hier bleibt der Hersteller durch Dienstleistungen wie Reparaturen und Instandhaltung (R4) oder das Angebot der Modernisierung durch neue Module (R5) oder das Angebot einer Rücknahme zwecks Aufbereitung (R6) mit dem Nutzer in Verbindung.

Bei MoDeSt sind dies austauschbare Module für Smartphones. Bei den Fahrzeugen auf Basis des LEVmodular-Projekts kann etwa bei einem Nutzerwechsel das Modul für Warentransport durch ein Modul für Personentransport ausgetauscht werden. KOSEL zielt auf die mehrfache Verwendung von Fahrzeug-Karosserien, was für Kunden mit solchen "kreislauffähigen" Fahrzeugen zu einem Kostenvorteil führt.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses DOKUMERE BESTEINE für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Bei den Projekten EIBA und DiLink werden Vorteile für die Kunden durch eine Zunahme mehrfach verwendbarer Fahrzeugteile bzw. die Verwertung von Reststoffen erzielt, sodass insgesamt trotz der zusätzlich notwendigen Systeme Kosteneinsparungen erzielt werden.

Erlöse & Kosten fair teilen

Die Beispiele zeigen, dass es je nach Geschäftsmodell einer mehr oder weniger aufwendigen Organisation des Wertschöpfungsnetzes bedarf. Diese Hürde sollte man nicht unterschätzen: Es geht um eine faire Verteilung von Kosten und Erlösen und die Vermeidung von Störungen durch Mitnahmeeffekte oder informelle Gruppen.

Das Fazit des Projekts ReziProK ist: Einige für die Abfallwirtschaft charakteristische "Stolpersteine" lassen sich mit zirkulären Ansätzen teilweise überwinden oder vermeiden. Da Geschäftsmodelle und Produktdesign Hand in Hand gehen müssen, entstehen – in der linearen Wirtschaft unübliche – Verbindungen zwischen Geschäftserfolg und Materialvielfalt bzw. der Produktzusammensetzung, z. B. im Sinne einer reparatur-, verwertungs-, wartungsfreundlichen Gestaltung. Eine gute Informationslage zu Identität und Zustand gebrauchter Produkte ist eine entscheidende Voraussetzung für mehr zirkuläres Wirtschaften, wobei die Digitalisierung als Treiber wirkt.

Der ReziProk-Abschlussbericht in deutscher und englischer Sprache sowie detaillierte Informationen zu den einzelnen Projekten können über folgende Web-Seite heruntergeladen werden:

https://innovative-produktkreislaeufe.de

Literatur

- [1] J. Potting et al., "Circular economy: what we want to know and can measure. System and baseline assessment for monitoring the progress of the circular economy in the Netherlands" 2018, Hrsg.: PBL, The Hague.
- [2] H. Friege & K. Kümmerer, "Practising Circular Economy: Stumbling Blocks for Circulation and Recycling." In "The Impossibilities of the Circular Economy Separating Aspirations from Reality." 2022, Hrsg.: H. Lehmann u.a.), open access unter www.taylorfrancis.com/books/oa-edit/10.4324/9781003244196/impossibilitiescircular-economy-harry-lehmann-christophhinske-victoire-de-margerie-anetaslaveikova-nikolova.



Das Logo des Forschungsprojektes. Foto: BMBF



Dr. **Henning Friege**

Partner N³ Nachhaltigkeitsberatung & Honorarprofessor für Nachhaltigkeitswissenschaften an der Leuphana Universität Lüneburg

info@N-hoch-drei.de

Foto: N³ Nachhaltigkeitsberatung



IHRE VORTEILE MIT FLOTTWEG TRENNTECHNIK

- · Sehr hohe Trennschärfe beim Kunststoffrecycling
- · Effiziente Trennung von Stoffgemischen wie Fasern
- · Kein zusätzliches Nachentwässern notwendig
- · Schonung von Ressourcen wie Frischwasser und Energie
- Reduktion der Betriebskosten durch optimierte Verfahren











für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Stark mit mehr Rezyklat

Mit hohem Rezyklatanteil hergestellte Tapes bewähren sich in industriellen Anwendungen und lassen sich mit jenen Produkten, die sie verstärken, einschmelzen und wiederverwenden. In einem Fall können die Tapes sogar gemeinsam mit dem Produkt mechanisch recycelt werden.

Silke Rathgeber & Markus Brzeski

eichtbaukonzepte basierend auf Kunststoffen sind grundsätzlich ein ökoeffizienter Ansatz. Ziel muss es dabei sein. so viel Material wie möglich einzusparen und Sekundärmaterial möglichst hochwertigen Verwendungen zuzuführen. Zudem gilt es, recycelbare Produkte herzustellen, die die Grundlage für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft bilden.

Sekundärkunststoffe besitzen im Vergleich zu Primärmaterialien jedoch meist schlechtere mechanische Eigenschaften. Die Wiederverwertung von Kunststoffen ist oft unweigerlich mit einem Downcycling verbunden. Zudem sind Kunststoffverbundwerkstoffe meist nicht recyclingfähig.

Kunststoffe bieten aber etwa aufgrund ihrer geringen Dichte, Designflexibilität, Medienstabilität, energieeffizienten Verarbeitung und Langlebigkeit vor allem im Leichtbau, in der Logistik und der Bauindustrie viele Vorteile in Bezug auf Ressourceneffizienz gegenüber Materialien wie Metall oder auch Holz.

Das Ziel muss sein, recycelte Sekundärkunststoffe durch neue Designkonzepte aufzuwerten und zu 100 % recyclingfähigen neuen Produkten zu verarbeiten. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat in diesem Sinne das Projekt All-Polymer gefördert.

Der Ansatz des Projekts, der zu neuen Lösungen unter anderem für Anwendungen im Bereich Automotive, Logistik und Bauwesen führt, bedient sich unidirektionaler, endlosfaserverstärkter thermoplastischer Bänder, den "UD-Tapes". Bauteile können mit solchen "unidirektionalen" Tapes gezielt lokal verstärkt werden.



Ein endlosfaserverstärktes Band der Firma A+ Composites aus Rheinland-Pfalz, das mit Dyneema-Fasern der US-amerikanischen Firma Avient verstärkt ist. Foto: A+ Composites

Thermoplastische Bänder

Endlosfaserverstärkte thermoplastische Bänder können den Leistungsverlust von Sekundärmaterialien wie deren Kriechneigung, also der Verformung unter Last und Zeit, nicht nur kompensieren, sondern mit geringem Materialeinsatz sogar verbessern. Die Bänder können lastgerecht durch einen automatisierten Schweißprozesses - den "Legeprozess" - gezielt auf das Bauteil aufgebracht oder als Einleger in einen Thermoform-Prozess wie dem Press- oder Spritzgussverfahren eingebracht werden

Meist werden hierfür Fasern aus Glas oder Kohlenstoff verwendet, doch leistungsstarke Kunststofffasern sind auch möglich: Ein Beispiel sind UD-Tapes, die "Dyneema" enthalten. Hinter diesem Markennamen von Avient, dem US-amerikanischer Hersteller von Polymer-Werkstoffen aus Avon Lake, Ohio, verbergen sich synthetische Endlosfasern, die energieeffizient hergestellt werden und zu vollständig recyclingfähigen Produkten führen.

Diese Kunststofffasern bestehen aus ultrahochmolekularem Polyethylen, dem "Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene. Diese "UHMWPE"-Endlosfasern entstehen durch eine Polymerisation mit nachfolgender Spinnung.

Durch beide Prozesse können Fasern mit sehr hoher Molekülmasse hergestellt werden. Sie weisen dadurch eine hohe Festigkeit kombiniert mit einer hohen Leichtigkeit auf und haben damit ähnlich gute Fähigkeiten wie Glas- oder Carbonfasern. Sie herzustellen, verursacht aber nach Angaben von Avient deutlich weniger CO₂-Emissionen als die Herstellung von Glas- oder Carbonfasern.

UHMWPE-Fasern haben den niedrigsten CO₂-Fußabdruck pro Festigkeitseinheit aller technischer Fasern inklusive Kunststofffasern wie Aramid- und Flüssigkristallpolymerfasern und Naturfasern. Hochleistungskunststofffasern aus Dyneema sind auch sehr sonnenlichtbeständig und sehr knickfest.

Ablösen beim Erhitzen

Thermoplastische, mit Dyneema-Fasern verstärkte UD-Tapes herzustellen, ist jedoch schwierig. Die ähnlichen Schmelztemperaturen der Kunststoffmatrix der Tapes und diesen Fasern erfordern während des Herstellungsprozesses eine extrem genaue Temperaturführung sowie eine homogene Faserspannung bei der Tränkung der Fasern mit Kunststoff. Doch dem Kunststoffhersteller A+ Composites aus Weselberg, Rheinland-Pfalz, ist dies erstmals 2016 gelungen.

Und diese UD-Tapes lassen sich von den mit ihnen verstärkten Produkten durch leichtes Erhitzen ablösen und können einer erneuten Verwertung zugeführt werden. Drei Beispiele zeigen, dass sich solche UD-Tapes in der Praxis bewähren.

Volumenreduziert

Der Kunststoffhersteller Infinex Group aus Haiterbach, Baden-Württemberg, stellt extrudierte Strukturkammerplatten aus schlagzähem Polypropylen her, die auch als faltbare Behälterwandungen in Behältersystemen Verwendung finden. Ausgestattet mit Deckel und Palette werden diese als stapelbare Großladungsträger im Bereich der Logistik genutzt. Dabei ist wichtig, die Ausbauchung der Behälter bei Beladung und unter Auflast bei Stapelung gering zu halten.

Im Projekt All-Polymer sollte der Anteil an Rezyklaten in diesen Bauteilen ohne Verlust der mechanischen Leistungsfähigkeit der Strukturkammerplatten und der Ringe erhöht werden. Hierzu wurde ein 2 cm breites UD-Tape entwickelt, das kompatibel mit der Strukturkammerplatte ist, sodass die Haftung zwischen dem Tape und der Platte den Anforderungen der Anwendung entspricht. Dieses Tape besteht aus Polypropylen und enthält 50 Vol.-% Fasern mit Dyneema.

Mit einer veränderten Rezeptur konnte auch die Performanz einer Triplex 10/3000-Ecoline-Strukturkammerplatte derart verbessert werden, dass die



Ein faltbarer Stapelbehälter verstärkt mit UD-Tapes. *Foto: Infinex-Group*



Ein Testaufbau für Außenbewitterungsversuche von UD-Tape verstärkten Terrassenbohlen der Firma Hahn Kunststoffe aus Nordrhein-Westfalen. Foto: Hahn Kunststoffe



Der mit UD-Tapes verstärkte Pkw-Unterboden der Firma Röchling Automotive Germany SE & Co. KG. Foto: Röchling Automotive

daraus hergestellten Platten mit rund 80 % Ecoline-Anteil nahezu die Kennwerte der Neuware erreichen.

Herausfordernd war der Legeprozess der Bänder, da zu hoher Andruck und zu starkes Aufschmelzen während des Schweißprozesses die Integrität der Struktur des Plattenkerns zerstören können. Durch eine Anpassung der Temperaturführung und des Andrucks während der Konsolidierung konnten die Bänder letztendlich zerstörungsfrei aufgebracht werden.

Dabei wurden auch Verbesserungen erreicht: Das Biegemodul der Struktur-

kammerplatten wurde durch die Verstärkung mit Bändern um bis zu 70 % erhöht und im Auflasttest zeigten die verstärkten Behälter eine etwa 15 % höhere Belastbarkeit gegenüber unverstärkten Behältern. Eine Rundumverstärkung der faltbaren Ringe setzt Knickfestigkeit der faserverstärkten Bänder voraus.

Terrassenbohle

Der Kunststoffhersteller Hahn Kunststoffe GmbH aus Bärenbach in Rheinland-Pfalz stellt das Recyclingmaterial "hanit" her. Es besteht zu mehr als 90 % aus Polyolefinen aus Abfällen des Gelben Sacks. Aus diesem Material stellt die Firma großvolumige Intrusionsprofile her. Im All-Polymer-Projekt hat die Firma als Fallbeispiel die Terrassenbohle "hanit 1 Ultra" herangezogen.

Ihr Ziel war, durch bessere mechanische Eigenschaften des Materials bei den Unterzügen Material durch größere Verlegeabstände einsparen und neue Anwendungen, die mit den bisherigen Verlegeabständen nicht bedient werden können, erschließen zu können.

Da Terrassenbohlen auf der Sichtseite ansprechend aussehen müssen, erfolgte die Verstärkung mit 2 cm breiten und zu 50 Vol.-% Fasern mit Dyneema verstärkten Tapes aus Polyethylen. Durch besseres Matrixmaterial und verbesserte Ablegeparameter konnten die Projektpartner eine sehr gute Haftung zur Bohle erreichen.

Eine vollflächige Verschweißung trotz Unebenheiten in der Bauteiloberfläche erwies sich im Hinblick auf den Einsatz der Bohlen im Außenbereich als entscheidend, da Staunässe, die zwischen Tape und Bohle migrieren kann bei Gefrierung zum Abplatzen der Tapes, insbesondere in den Randbereichen, führte.

Die Firma A+ Composites hat dafür flexible Ablegerollen entwickelt und die Prozessparameter für deren Einsatz verbessert. Anschließend wurden Bewitterungsversuche mittels eines Kataplasmatests in Anlehnung an den DIN ES ISO 9142-Standard "Klebstoffe – Auswahlrichtlinien für Labor-Alterungsbedingungen zur Prüfung von Klebverbindungen" durchgeführt. Diese Tests bestätigten die Effektivität der Lösung. Es war kein Abplatzen der Tapes mehr zu beobachten.

Schältests ergaben zudem eine vollflächige Verschweißung der Bänder, vor und nach der Bewitterung, mit einer mittleren Schälfestigkeit von über 2 N/mm.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokumen, für die interne Verwendung bestimmt. für die interne Verwendung sind nicht gestattet. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Übersicht verschiedener Fasern nach ihrem CO₂-Äquivalent pro Tonne bezogen auf das Elastizitätsmodul des Materials. *Grafik: A+ Composites*

Laborproben, deren Oberfläche zu etwa 50 % mit Tape verstärkt wurden, zeigten im Biegetest um etwa 70 % erhöhte Biegemodule im Vergleich zu unverstärkten Proben. Skaliert auf die gesamte Bohle ergeben sich damit Verbesserungen von rund 14 % pro Tape. Durch den Einsatz von zwei Tapes können somit wahlweise die Verlegeabstände um 8 bis 9 % erhöht oder die Plattendicken entsprechend reduziert werden.

UD-Tapes mit Glasfasern

Um ein voll recyclingfähiges Bauteil zu erhalten, können UD-Tapes auch mit Glasfasern kombiniert werden. Der Wormser Autoteilehersteller Röchling Automotive SE hat solche UD-Tapes für die Herstellbarkeit der Unterböden getestet. Das Unternehmen stellt diesen Unterboden mit dem "Long Fiber Thermoplast Direkt"-Pressverfahren serienmäßig her. Er hat einen 30 %-Anteil an Glaslangfa-

sern. Weil im ursprünglichen Bauteil bereits Glasfasern verwendet werden, stellt die Nutzung von Glasfasern in den Tapes keine Materialverunreinigung dar.

Für das Pressverfahren wurden Gitter aus Polypropylen-Tapes mit einer Breite von 51 mm und einem Glasfasergehalt von 60 Vol.-% hergestellt und mit der hochviskosen, thermoplastischen Masse in das Werkzeug eingelegt. Das thermoplastische Material basiert zu 40 % aus Röchling eigenem Recyclingmaterial aus Produktionsabfällen.

Die verstärkten Bauteile auf Basis dieses Recyclingmaterials zeigten um mehr als 100 % bessere mechanische Eigenschaften als unverstärkte Unterböden aus Neuware. Der große Performanzgewinn ermöglicht auch, Glasfasermatten zur lokalen Verstärkung anderer Bauteile des Unternehmens durch entsprechende Gitter zu ersetzen. Die Materialien können in den eigenen Recyclingprozess zurückgeführt werden.

Fazit

Die Nutzung von unidirektionalen Faserverbundbändern, den UD-Tapes, kann mehrere ökonomische Vorteile bieten. Sie kann die Materialeffizienz steigern, da sich die Fasern in den Tapes im Vergleich zu herkömmlichen Materialien gezielt entlang der Hauptbelastungsrichtung ausrichten lassen. Dies erhöht Festigkeit und Steifigkeit, was wiederum ermöglicht, die benötigte Materialmenge zu verringern und damit auch Kosten und Energie einzusparen.

Vorteilhaft ist auch, dass sich die Tapes in Leichtbaukonstruktionen einsetzen lassen. Dies kann Gewicht einsparen, was Transport- und Logistikkosten senkt. Zudem erhöht die höhere Festigkeit und Stabilität der UD-Tapes die Lebensdauer der Konstruktionen, was wiederum die Nutzungsdauer verlängert und somit jeden Kreislaufzyklus verbessert.

Aufgrund dieser Aspekte erweist sich die Nutzung von Tapes als attraktiv für verschiedene Branchen wie die Logistik-, Automobil-, Sportgeräte- und Baubranche. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Herstellungskosten für Tapes im Vergleich zu einigen herkömmlichen Materialien höher sind. Dennoch können die potenziellen Kosteneinsparungen in anderen Bereichen, wie beispielsweise durch verringerten Materialeinsatz oder verbesserte Leistung, die Gesamtkosten positiv beeinflussen.

https://allpolymer.de https://aplus-composites.de

DAS ALL-POLYMER-PROJEKT

An dem All-Polymer-Projekt beteiligten sich drei Unternehmen und zwei Forschungseinrichtungen: Es sind die 2015 gegründete A+ Composites GmbH aus Weselberg, Rheinland-Pfalz, die sich auf Herstellung und Verarbeitung von faserverstärkten, thermoplastischen Tapes spezialisiert hat, die Hahn Kunststoffe GmbH aus Bärenbach, die Kunststoffprofile mit Sekundärkunststoffen herstellt, die Firmengruppe Infinex Group mit Hauptsitz in Haiterbach, Baden-Württemberg, die internationale Firmen vereint, die Kunststoff verarbeiten, sowie der Lehrstuhl "Sustainability Management" der Technischen Universität Kaiserslautern und das Fachgebiet Materialphysik der Universität Koblenz-Landau. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat das Projekt mit 1066 292 € gefördert.



Prof. Dr.
S i I k e
R a t h g e b e r
Abteilung Physik
Universität Koblenz
rathgeber@uni-koblenz.de
Foto: Rathgeber



Dr.-Ing.

Markus
Brzeski

Gründer & Geschäftsführer
A+ Composites GmbH

info@aplus-composites.de

Foto: A+ Composites

Alle Rechte vorbehalten. Dieses JOKunieur auch für die interne Verwendung bestimmt. für die interne Verwendung sind nicht gestattet. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Leicht und robust unterwegs

In Leichtbauweise hergestellte elektrisch angetriebene Leichtfahrzeuge können einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten und die Kreislaufwirtschaft unterstützen. Weil sie recht leicht sind, lassen sich Traktionsbatterien in geringerer Größe verwenden, was wiederum Gewicht einspart. Der modulare Aufbau erlaubt schnelle Reparaturen.

Sven Wüstenhagen, Olaf Lange & Andreas Franze

or dem Hintergrund, einen Betrieb wirtschaftlich verantwortungsvoll mit minimaler Umweltbelastung zu führen, erscheinen kommunale Betriebe und Verwaltungen geeignet, Konzepte der neuen Mobilität für den Flottenverkehr auf ihre Eignung zu testen. Hier bieten sich "Light Electric Vehicle" (LEV) an, leichte, elektrisch betriebene Fahrzeuge, die Fahrten konventioneller Pkw und Leichttransporter teilweise ersetzen können.

In dem Projekt "Light Electric Vehicle modular" haben die Forschenden ein mit Muskelkraft elektrisch betriebenes Fahrzeug der Fahrzeugklasse EU L7e, den Cargo Cruiser II, genutzt. Diese Fahrzeugklasse umfasst zweispurige Elektrofahrzeuge mit einer Leermasse von bis zu 450 kg für den Personenverkehr und bis zu 600 kg für den Warentransport.

Das Forscherteam aus zwei Unternehmen und dem Fraunhofer-Institut IMWS (s. Kasten) hat in dem Projekt eine erweiterte Nutzbarkeit des Fahrzeugs in verschiedenen Betriebsformen sowie mögliche Beiträge der neuen Mobilität zu einer Kreislaufwirtschaft untersucht. Das Fahrzeug selber wurde von der Berliner Firma Olaf Lange Dreiradbau und dem Fraunhofer-Institut IMWS aufgebaut.

Um das Leichtbaupotenzial der Faserverbundbauweise im terrestrischen Verkehr auszuschöpfen, hat das Team ein sogenanntes "Structural Health Monitoring"



Das im Projekt LEVmodular benutzte Leichtfahrzeug "Cargo Cruiser II". Fachleute der Olaf Lange Dreiradbau GbR und des Fraunhofer IMWS haben es aufgebaut. Es bietet eine technische Basis für den Einsatz leichter Fahrzeuge in kommunalen Diensten, die sich mit Muskelkraft und Elektrizität betreiben lassen. Foto: Fraunhofer IMWS

(SHM)-System entwickelt. Solch ein SHM-System kann bei strukturtragenden Elementen mögliche Überlasten im Fahrzeugbetrieb ermitteln.

Bauteile digital kontrollieren

Im Testbetrieb diente das System dazu, die anhand numerischer Verfahren ermittelten Werte für die Verformungen der in Faserverbundleichtbau ausgeführten Bauteile im Fahrzeug zu bewerten. Solche Messungen halfen auch, die Konstruktion des Fahrzeugs im Betrieb auf seine Robustheit zu untersuchen. Das Besondere: Die mithilfe der Methode der "finiten Elemente" verbesserten Strukturbauteile – speziell der Fahrzeugrahmen und das Chassis – zeigten im Testbetrieb die zu erwartenden Verformungen. Somit konnte die Verwendung der Finite-Elemente-Methode im realitätsnahen Betrieb am Bauteil positiv bewertet werden. Sie dient dem Fraunhofer IMWS auch als

für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Basis für weitere Gewichtsoptimierungen an Faserverbundstrukturen. In der Praxis kann das SHM-System auch die Wartung der Leichtbaustruktur dieser Fahrzeuge unterstützen und helfen, Fehlnutzungen im Betrieb zu vermeiden.

Hierzu wurde eine Datenübertragung entwickelt, um bei starken Verformungen der Faserverbundbauteile eine Information in einem "digitalen Bordbuch" zu dokumentieren. Die Datenübertragung wurde erfolgreich getestet und funktioniert mithilfe eines energieeffizienten "Long Range Wide Area"-Netzwerk, einem sogenannten "LoRaWAN", und bildet das Leichtfahrzeug im Internet der Dinge ab.

Diese Übertragung hat Vorteile: Die Betriebsleitstelle kann konform zu geltendem Datenschutzrecht den Flottenbetrieb verbessern. Belastungsdaten der Leichtbaustruktur können in einem digitalen Zwilling fortgeschrieben werden.

Derartige Ansätze zur Bauteilkontrolle in der Nutzphase helfen auch, Faserverbundkonstruktionen, denen lange Bauteillebenszeiten im Fahrzeugbau zugeschrieben werden, zu verbessern. Werden Belastungsdaten energieeffizient mitgeschrieben, lässt sich die Bauteillebensdauer fortlaufend einschätzen und damit die weitere Verwendung einzelner Bauteile wie der Faserverbund-Blattfedern in einem nächsten Leichtfahrzeug planen.

Modularer Aufbau

Der modulare Aufbau des Fahrzeugs ermöglicht es einerseits, Güter- oder Personen zu transportieren. Güter und Funktionseinbauten können auf der Grundfläche von zwei Standard-Europaletten und bis zu einer Masse von 250 kg Zuladung bewegt werden. Im Modus des Personentransports können neben der steuernden Person zwei Passagiere mit niedrigem Einstieg Platz nehmen.

Das verwendete Antriebssystem arbeitet mit Niederspannung und erfordert keine Berechtigung zum Umgang mit Hochspannung, wenn gewartet oder repariert werden muss. Das Fahrzeug weist auch eine "offene" Architektur auf. Das heißt, die Anbauteile für Antrieb und Steuerung sind nicht an spezifische Bauteillieferanten gebunden. Damit kann das Fahrzeug bei interessierten Fahrradwerkstätten oder Auto- oder Zweiradwerkstätten gewartet oder repariert werden.

Das Forscherteam hat die Reparaturfähigkeit des LEV in Orientierung an den



Für die Fahrzeugkonstruktion wurden in den Bauteilen sowohl Glasfaser- als auch Naturfaserverbunde testweise eingesetzt. Hier werden Sandwichkonstruktionen mit Naturfaserdecklagen auf ihre Langzeitfestigkeiten getestet. Foto: Fraunhofer IMWS

französischen Reparaturindex "Indice de réparabilité" als hoch eingestuft. So ist die technische Ausstattung nicht an Lieferanten von Originalteilen gebunden und jegliche am Markt verfügbare sicherheitsgeprüfte Ersatzteile, die den technischen Anforderungen der Fahrzeugzulassung entsprechen, können genutzt werden.

Auch wurde die Reparaturfähigkeit der Mischbauweise - also Stahl in tragenden Fahrzeugbauteilen und Faserverbund im Karosseriebereich - mit der einer reinen Faserverbundbauweise verglichen: Im Reparaturfall an strukturtragenden Elementen erscheint die Stahlbauweise aufgrund etablierter Verfahren zur Stahlbearbeitung in der Fahrzeugindustrie vorteilhaft. Tragende Elemente in Faserverbundbauweise erfordern im Reparaturfall hingegen neuartige Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Fahrzeuginstandsetzung.

Vergleich mit Naturfasern

In der vergleichenden Untersuchung von Faserverbundsystemen wurden konventionelle glasfaserverstärkte und naturfaserverstärkte Epoxidharze betrachtet. Auf Basis charakterisierter Laminatproben wurde mit numerischen Computerverfahren zur mechanischen Bauteilauslegung gezeigt, dass naturfaserverstärkte Verbunde vergleichbare Leichtbaueigenschaften wie glasfaserverstärkte Verbunde aufweisen. Naturfasern ermöglichen zudem aufgrund ihrer geringeren Dichte höhere Wandstärken, ohne dabei deutlich höhere Bauteilmassen zu erzeugen.

Noch abschließend zu prüfen ist, wie sich Naturfaserverbunde unter harten Umweltbedingungen langfristig verhalten. Das weniger scharfkantige Bruchbild dieser Verbunde im Fall des Totalversagens ist iedoch vorteilhaft zu bewerten.

Die verwendeten Naturfasern aus europäischer Erzeugung eignen sich für die industrielle Verarbeitung. Für die Faserverbundkonstruktion wurden vorimprägnierte Naturfaserlagen verwendet, die sich im Vergleich zu etablierten vorimprägnierten Glasfaserlagen ebenso gut verarbeiten ließen. In der Kantenbearbeitung, nach dem Ausformen der Faserverbundbauteile, lässt sich für die spanende Bearbeitung von Naturfaserverbunden eine reduzierte Staubbildung feststellen, bei ähnlichen Werkzeugstandzeiten gegenüber Glasfaserverstärkten Verbunden.

Laminatreste und Verschnitt mit Naturfaserverstärkung lassen sich schlackefrei thermisch verwerten, was aktuell gegenüber glasfaserverstärkten Kunststoffen einen Vorteil in der Entsorgung von Faserverbundabfällen darstellt. Naturfasern können in der thermischen Verwertung als CO2-neutral bilanziert werden, da im Gegensatz zur aufwendigen Produktion von Glasfasern der Energieaufwand für den Pflanzenfaseranbau geringer ausfällt.

Umweltbilanz

In einer Umweltbilanz wurden Umweltwirkungen eines LEV und eines konventionellen Elektrofahrzeugs verglichen. Die Bilanz erfasst Fahrzeugentstehung, Fahrzeugbetrieb und Endnutzung, Die Vergleichsgröße ist der Transport von 250 kg Zuladung über 1 km. Dies entspricht einer typischen Transportleistung auf der letzten Meile der Paketzustellung im urbanen Raum.

für die interne Verwendung bestimmt. nur use interne verweindung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Die Umweltbilanz zeigt, dass die gegenüber konventionellen E-Pkw um zwei Drittel geringere Fahrzeugmasse des LEV dazu führt, dass sich die Treibhausgasemissionen etwa halbieren und sich Feinstaubemissionen aus Reifen- und Bremsabrieb ebenfalls deutlich verringern.

Für die Bauteilauslegung der Faserverbundbauweise im Cargo Cruiser III wurden vorerst hohe Sicherheitsfaktoren angenommen. Im Vergleich zu der im Cargo Cruiser II eingesetzten Mischbauweise mit Stahlrahmen und Faserverbundkarosserie waren daher nur geringe Masseeinsparungen möglich. Mit einer weiteren Verbesserung der Faserverbundbauweise steht jedoch eine weitere Massereduktion in Aussicht.

Batterien effizienter nutzen

Werden Batteriesysteme nach aktuellem Stand der Technik eingesetzt, lässt sich ein oft kaum beachteter Vorteil gewichtsoptimierter Fahrzeuge feststellen. Denn werden LEV auf definierten Einsatzstrecken, wie sie in kommunalen Diensten oder der Paketzustellung auf der letzten Meile auftreten, eingesetzt, erlaubt es, die Traktionsbatterie entsprechend kleiner zu dimensionieren. Die Batterie des hier untersuchten LEV mit 100 km Tageslaufleistung wiegt 100 kg im Gegensatz zu einer 300 kg schweren Traktionsbatterie in einem E-Pkw.

Das Lebensende

Für das Lebensende der Faserverbundstrukturen wurde in der Umweltbilanz die konservative Annahme getroffen, dass für die Modellierung des Lebenszyklus der Naturfaserverbundbauteile ebenso wie für die Glasfaserverbundbauteile eine hypothetische Deponierung als Bauteillebensende angenommen wurde. Zu erwarten ist iedoch, dass bei einer als CO2-neutral anzunehmenden, schlackefreien thermischen Verwertung von Naturfaserbundbauteilen die realen Umweltwirkungen geringer ausfallen.

Aufgrund der Möglichkeit, auch drei Personen zu transportieren, zeigt das LEV "CargoCruiser" Substitutionspotenzial für kommunale Dienste wie dem städtischen Ordnungsamt. Aufgrund geregelter Aufgaben einzelner Dezernate in der Kommunalverwaltung können Dienstfahrten in urbaner Umgebung zum einen bei reduzierter Umweltwirkung als auch reduzier-



Glasfaser- und Naturfaserverbunde wurden teilweise in Bauteilen des CargoCruiser II eingesetzt. Hier zu sehen ist eine in einem Schubrahmen eingespannte Naturfaserverbundprobe. Hier wird das mechanische Verhalten des Faserverbundes unter Ouerschubbeanspruchung untersucht. Auf die Probe wurde eine Punktewolke aufgesprüht, um während des Lasteintrags auftretende Verformungen der Probe und damit Relativbewegungen zwischen den Punkten - optisch und damit berührungsfrei, zu messen. Foto: Fraunhofer IMWS

DAS PROJEKT LEVMODULAR

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat das Verbundvor-– mit neuer Mobilität zur Ressourcen-Kunststoffe GmbH in Dessau-Roßlau temen IMWS in Halle an der Saale.

ter Verkehrsraumbeanspruchung mit einem gut reparierbaren, langlebigen LEV bewältigt werden. Von der Präsenz der LEV im städtischen Straßenverkehr darf eine akzeptanzsteigernde Wirkung für

weitere Nutzungsfelder von LEV erwartet werden, auch wenn das Ordnungsamt in der Regel selten als Überbringer positiver Nachrichten erlebt wird.

Ausblick

Die Umweltbilanz belegte, dass leichte mit Muskelkraft elektrische betriebene Fahrzeuge im Stadtverkehr gegenüber konventionellen Elektrofahrzeugen deutlich niedrigere Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus haben.

Für ein Produktionsszenario von kleinen bis mittleren Losgrößen von LEV in der Autozulieferindustrie wurde ein hoher Anteil an Faserverbundkonstruktion in der Entwicklung des Fahrzeuges angestrebt. Dies auch, um eine tiefe Wertschöpfung zu ermöglichen, da Faserverbundbauweisen lange Bauteillebensdauern ermöglichen.

Durch die Verwendung von Herstelleroffenen Anbauteilen mit einer guten Reparaturfähigkeit und der technischen Tauglichkeit der Wartung und Reparatur in freien Zweiradwerkstätten steht eine lange Nutzungsdauer in Aussicht. Das Nutzungspotenzial der LEV wurde im Projekt "LEVmodular" optimiert, indem durch den modularen Ansatz die einfache Umrüstung der LEV von Cargo in den Taxi-Modus möglich ist. Dies geht über den aktuellen Stand der Technik im sich entwickelnden Bereich der mit Muskelkraft elektrisch betriebenen LEV hinaus.

www.imws.fraunhofer.de

Sven Wüstenhagen



Projektleiter der Gruppe "Nachhaltige Materialien und Prozesse Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

sven.wuestenhagen@ imws.fraunhofer.de

Foto: Fraunhofer IMWS

Olaf Lange

Geschäftsführer Olaf Lange Dreiradbau GbR olaf.lange@berlin.de

Andreas Franze

Geschäftsführer Faserverstärkte Kunststoffe Dessau GmbH

info@fvk-dessau.de

für die interne Verwendung bestimmt. Tur die interne verwendung oestmint. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Verpackungsmaterialien wie Kartons und Papier, auch aus dem Internethandel, führen oftmals, wie hier in der Mistralstraße in Hamburg-Altona, zu überfüllten Abfallcontainern für Papier und Pappe. Foto: Zimmermann

Mehr Mehrweg im Online-Handel

Es gibt bereits Mehrwegverpackungen im Online-Handel. Sie können – richtig eingesetzt – den Ressourcenverbrauch, die Abfallmengen und die Treibhausgasemissionen senken. Das größte Hindernis für die massenweise Nutzung sind fehlende Rücklaufsysteme.

Till Zimmermann & Stefan Marasus

rodukte im Onlinehandel werden bislang überwiegend in Einwegverpackungen verpackt, die dann durch die Endverbraucher*innen entsorgt werden. Dieses System verbraucht Ressourcen und produziert Abfälle in relevanten Mengen. So fielen 2020 in Deutschland mehr als 900 000 t Versandverpackungen als Abfall an, 90 % davon als Papier, Pappe und Karton

(PPK) [1]. Bis 2030 können es nach Schätzungen des Hamburger Instituts für Ökologie und Politik (Ökopol) 1,3 Mio. t sein.

In dem Verbundvorhaben "praxPACK - Entwicklung und Erprobung von praxistauglichen Mehrwegverpackungslösungen im Onlinehandel" haben mehrere Forschungsinstitute und Unternehmen unter Federführung von Ökopol versucht, einen Beitrag zur Etablierung und Verbreitung von Mehrwegverpackungssystemen im Onlinehandel zu leisten, um verpackungsbedingten Ressourcenverbrauch und die hiermit verbundenen Abfallmengen deutlich zu senken. Mit den Unternehmen Avocadostore, Otto und Tchibo, drei Unternehmen mit Sitz in Hamburg, wurde pilothaft auch der Einsatz von Mehrweg in der Praxis untersucht.

Bei Einsatz von Mehrweg im Onlinehandel bestehen substanzielle Potenziale,

für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Abfälle zu vermeiden und Treibhausgasemissionen einzusparen. Bislang stehen einer breiten Nutzung jedoch noch Hindernisse im Wege.

Alternative Mehrweg

In Mehrwegsystemen wird eine Sendung in einer Mehrwegverpackung verpackt und zu den Verbraucher*innen transportiert. Hier wird diese dann nicht entsorgt, sondern nach Entnahme der Ware zurücktransportiert. Sie steht dann nach einer Prüfung und eventuellen Reinigung oder Aufbereitung wieder für das erneute Verpacken zur Verfügung. Während Verbraucher*innen die Verpackung nicht mehr entsorgen müssen, treten hier Rücktransport und Prüfung und mögliche Aufbereitung als neue Prozesse hinzu.

Während zu Projektstart im Jahr 2019 die Anzahl der verfügbaren Mehrwegverpackungen noch begrenzt war, können Onlinehändler heute auf Mehrwegverpackungen verschiedener Logistikdienstleister zurückgreifen, wie hey circle aus München, Ravioli Logistik aus Hamburg, RePack aus Helsinki, Rhinopaq aus Essen, wir.kiste.kreis aus Pforzheim oder xpack green logistic aus Dortmund.

Abfälle vermeiden

Die Vielfalt der im Onlinehandel eingesetzten Verpackungsformen ist groß, wobei das Gesamtbild durch Kartons und Schachteln aus Papier und Pappe bestimmt wird. Je nach Warengruppe wie Textilien, elektronische Geräte oder Lebensmittel bestehen unterschiedliche Anforderungen an die Verpackung und das Potenzial zum Einsatz von Mehrwegverpackungen unterscheidet sich.

Speziell für Sendungen, die bislang im leichten Polyethylen-Beutel versendet werden, erscheint ein Einsatz von Mehrweg-Versandtaschen grundsätzlich in den meisten Fällen möglich. Produkte mit höheren Schutzanforderungen, die bislang in PPK-Faltschachteln versendet werden. könnten in vielen Fällen alternativ in Mehrwegboxen verschickt werden.

Neben dem Anteil der ersetzbaren Einwegverpackungen, die tatsächlich durch Mehrweg ersetzt werden, ist für das realisierte Abfallvermeidungspotenzial auch die beim Einsatz von Mehrwegverpackungen erreichte Umlaufzahl entscheidend. Aufgrund der notwendigen höheren Haltbarkeit von Mehrwegverpackungen



sind diese typischerweise mit einem höheren Materialeinsatz verbunden. Um tatsächlich den Ressourcenverbrauch und die Abfallmengen zu verringern, muss eine Mindestumlaufzahl erreicht werden.

Treibhausgaseffekte

Mit weniger Ressourcenverbrauch und geringeren Abfallmengen lassen sich auch die aus dem Einsatz von Versandverpackungen resultierenden Treibhausgasemissionen senken. Auch hier ist entscheidend, eine möglichst hohe Umlaufzahl der Verpackungen zu erreichen. Ein weiterer in Bezug auf die Treibhausemissionen relevanter Aspekt sind die zurückzulegenden Transportdistanzen.

Je nach konkretem Fall ergibt sich dann, ab wie vielen Umläufen die Mehrwegverpackung gegenüber der Einwegverpackung Treibhausgasemissionen ein-

Dieser ökologische break-even-Punkt kann bereits im niedrigen einstelligen Bereich liegen, in anderen Fällen können aber auch zweistellige Umläufe notwendig sein, um gegenüber Einweg ökologisch vorteilhaft zu werden.

Hindernisse & Ausblick

Während in Bezug auf die dargestellten ökologischen Aspekte durchaus ein nennenswertes Optimierungspotenzial im Einsatz von Mehrwegverpackungen besteht, besteht für den tatsächlichen Schritt in die Praxis ein wesentliches Hindernis in den bislang festzustellenden zusätzlichen Kosten, die aus dem Einsatz von Mehrweg resultieren. Wesentlicher Grund

Zwar werden die Mehrkosten vereinzelt von Akteuren hingenommen, die den Einsatz von Mehrwegverpackungen beispielsweise mit Gutscheinen und somit einer Maßnahme zu Kund*innenbindung verbinden. Für einen Einsatz in der Breite lassen sich die Kosten aber klar als das wesentliche zu überwindende Hindernis ausmachen.

Diese zusätzlichen Kosten beispielsweise durch ein Pooling-System zu senken, wird ein Schlüsselfaktor für die weitere Verbreitung sein. In gewisser Weise ist hier ein Henne-Ei-Problem festzustellen. Ordnungsrechtliche Impulse, wie die im neuen Entwurf für die EU-Verpackungsverordnung angedachte Mehrwegquote für den Onlinehandel von 10 % von 2030 an, können hier eine Entwicklung fördern.

www.praxpack.de

Literatur

[1] Reitz, A., "Verbrauch von Versandverpackungen in Deutschland". In: Müll und Abfall Ausgabe 4, 2021.



Till Zimmermann

Themenfeldleiter Kreislaufwirtschaft Ökopol GmbH

zimmermann@oekopol.de Foto: Ökopol



Stefan Marasus

Projektleiter Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM)

smarasus@gvmonline.de

Foto: GVM

23



Stränge aus recyceltem Kunststoff werden nach der Extrusion in Wasser gekühlt, bevor sie granuliert werden. Foto: Hoffmann+ Voss

Kunststoffe digital besser recyceln

Die Europäische Union will einen digitalen Produktpass einführen. Das wird auch den Einsatz von Kunststoffrezyklaten erleichtern. Dies ist möglich. Ein Forschungsprojekt zeigt, dass dabei wichtig ist, die Reinheit sowie physikalische Eigenschaften des Rezyklates bereits während dessen Herstellung zu erheben und möglichst automatisiert und digitalisiert in den Produktpass einzugeben.

Phillip Bendix, Holger Berg, Oliver Stübs, Gerrit Hoeborn & Antonia Ivanda

as Schließen von Kunststoffkreisläufen zählt zu den großen Herausforderungen auf dem Weg in eine energie- und ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft. Ein hochwertiges Recycling ist dabei auf reine, gut verwertbare Stoffströme angewiesen. Hochwertiger Rezyklateinsatz ist zudem nur möglich, wenn die Verarbeiter des Rezyklats mit geringem Aufwand Gewissheit über dessen Qualität erlangen können. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt "Digitale Lösungen für industrielle Kunststoffkreisläufe", kurz "DiLinK" (s. **Kasten**), hat sich mit dieser Problematik befasst. Drei Unter-

nehmen und drei Forschungsinstitute haben untersucht, wie hochwertiges Kunststoffrecycling mithilfe digitaler Instrumente verwirklicht werden kann. Im Projekt wurde dazu eine Lösung aus drei Schritten entwickelt:

- 1. Zuerst wurden Daten erhoben, um die Qualität der Rezyklate zu bewerten.
- Dann wurde ein digitaler Produktpass zur Weitergabe dieser und anderer Daten der Kunststoffrezyklate entwickelt.
- Schließlich wurde ein "Geschäftsmodell Ökosystem" entwickelt, um neue Geschäftsmodelle zu finden und zu verwirklichen.

Während jeder einzelne dieser drei Schritte einen Mehrwert erzeugen kann, ist es ihr Zusammenspiel, das einen vollen Effekt erzeugt.

UV-VIS-Spektroskopie & ...

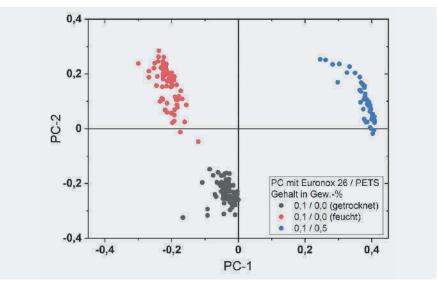
Die Projektpartner wollten die Rezyklatqualität bereits im Prozess der Rezyklatherstellung automatisiert messen und nachweisen. Hierzu haben sie zwei Techniken erprobt:

Mit der UV-VIS-Spektroskopie wurde die Lichtabsorption direkt in der Kunststoffschmelze gemessen. Dabei werden durch sichtbares und ultraviolettes Licht Elektronenübergänge in den Molekülen angeregt (dabei wird ein anderes physikalisches Prinzip genutzt als bei der Infrarotspektroskopie, bei der Molekülschwingungen erzeugt werden).

Mit der UV-VIS-Spektroskopie lassen sich Veränderungen an der Kunststoffschmelze oder die Konzentrationen von Additiven erfassen. So kann verminderte Qualität im Ausgangsmaterial detektiert und der Produktionsprozess in Echtzeit angepasst werden. In der Qualitätskontrolle kann dem Kunden so nachgewiesen werden, dass das Rezyklat eine gleichbleibende, hochwertige Qualität hat. So kann dem weitverbreiteten Vorurteil der uneinheitlichen Qualität von Rezyklaten entgegengewirkt werden.

... Schlagzähigkeitsmessung

Während der Produktion wurde zusätzlich die Schlagzähigkeit direkt an einem der extrudierten Kunststoffstränge gemessen. Bisher muss für Schlagzähigkeitsmessungen eine Probe des Kunststoffgranulats genommen, ein Probenkörper hergestellt und dieser im Labor gemessen werden.



Beispielhafte Bestimmung von Polycarbonat-Kunststoffen mit unterschiedlichen Gehalten an den thermischen Stabilisatoren Euronox 26 und PETS per UV-VIS-Spektroskopie. Die farblich unterschiedlichen Punktwolken der Kunststoff-Stabilisator-Feuchte-Proben überschneiden sich nicht. Die verschiedenen Proben können also über das Messsignal und die mathematische Datenverarbeitung voneinander unterschieden werden. Auf der X- und der Y-Achse wurden die Hauptkomponenten PC-1 und PC-2 ("PC" steht für "principal components", also Hauptkomponenten) aufgetragen. *Grafik: SKZ*

DAS DILINK-PROJEKT

Das Bundesministerium für Forschung und Entwicklung hat das
Projekt von Juni 2019 bis Mai 2022
mit knapp 900 000 € gefördert. Drei
Projektpartner kamen aus der Wirtschaft – der Kunststoffrecycler Hoffmann + Voss Technische Kunststoffe
GmbH aus Viersen, Nordrhein-Westfalen, die Softwarefirma Infosim
GmbH & Co. KG aus Würzburg und
der Kunstoffgranulathersteller MKV
GmbH aus Hessen – sowie drei Forschungsinstitut – Forschungsinstitut
für Rationalisierung e. V. an der
RWTH Aachen, das Wuppertal-Institut
für Klima, Umwelt, Energie gGmbh
sowie das SKZ Forschungszentrum in
Würzburg.

Mit der hier entwickelten Methode lässt sich Aufwand sparen und es gibt keine zeitliche Verzögerung zwischen Produktion und Messungen. Die Entwicklung der Methode ist allerdings noch nicht abgeschlossen, in den durchgeführten Versuchen ließ sich eine Änderung des Rezyklatgehaltes nicht detektieren.

Zudem wurde die UV-VIS-Spektroskopie bei zwei Projektpartner getestet: dem Kunststoffrecycler Hoffmann + Voss GmbH aus Viersen, Nordrhein-Westfalen, und dem Kunststoffgranulathersteller MKV GmbH aus Beselich, Hessen.

Ein weiteres Unternehmen und ein Forschungsinstitut haben es ermöglicht, diese Messdaten in den im Projekt entwickelten digitalen Produktpass einzuspeisen: der Softwareentwickler Infosim GmbH & Co. KG und das SKZ Kunststoffzentrum – beide aus Würzburg.

Der digitale Produktpass ...

Prämisse für die Software war, die verarbeitenden Unternehmen in die Lage zu versetzen, mit geringem Aufwand relevante, bisher noch nicht verfügbare Informationen zu Materialien zu erhalten und sie entlang der Wertschöpfungskette auszutauschen. Damit sollten Transparenz und Vertrauen zwischen den Akteuren gesteigert werden, um nicht zuletzt Vorbehalte gegen das Verwenden von Recompounds, also von wiederaufbereiteten Kunststoffabfällen aus der Kunststoffindustrie, abzuhauen

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass der zugrunde liegende Ansatz sich weitgehend mit dem von der EU im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie initiierten digitalen Produktpass überschneidet. Danach wurde im DiLinK-Projekt das Softwarekonzept auf den digitalen Produktpass der EU ausgerichtet. Im Verlauf des Projektes konnte nachgewiesen werden, das sich ein als Produkt abgrenzbares Kunststoffmate-

für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

rial durch einen Produktpass digital abbilden lässt. Der Produktpass beinhaltet dabei Informationen wie die Zusammensetzung, technische Eigenschaften und Anwendungseignung.

... bewährt sich in der Praxis

Die Entwicklung der technischen Umsetzung des Produktpasses erfolgte als webbasierte Applikation mit bedienerfreundlicher Nutzerschnittstelle, einheitlicher Datenstruktur und einer Graphdatenbank, die stark vernetzte Informationen darstellt und abspeichert.

Besonders dieser graphbasierte Ansatz ist neuartig und ermöglicht bestehende und auch zukünftig mögliche Verbindungen zwischen Produktpässen und damit zwischen den repräsentierten physischen Kunststoffen darzustellen und datenbasiert zu identifizieren. Damit können perspektivisch Kreisläufe aufgezeigt und in die Praxis umgesetzt werden sowie durch gezielte Materialsubstitution Neuware durch Rezyklate ersetzt werden.

Geschäftsmodell

Der Aufbau eines funktionierenden "Geschäftsmodells Ökosystem" - im Englischen wird von "Business Ecosystem" gesprochen - für den verdichtenden Kunststoffkreislauf betont die wachsende Bedeutung des Informations- und Materialaustauschs innerhalb des Netzwerks.

Folglich steht im Zentrum der vom Forschungsinstitut für IRationalisierung an der RWTH Aachen entwickelten Geschäftsmodelle die im Projekt entwickelte Software, die DiLinK-Software, und deren Integration in den Rezyklathandel, um die Informationsflüsse zu verbessern.

Die Projektpartner haben dabei das herkömmliche Rollenverständnis der Akteure überdacht und ein neues Wertstromsystem basierend auf dem Geschäftsmodell konzipiert. Dessen Rückgrat bildet die DiLinK-Software in Form des digitalen Produktpasses, der einen aufwandsarmen und zuverlässigen Informationsaustausch ermöglicht.

Das Geschäftsmodell Ökosystem ermöglicht es, innovative und nachhaltige Geschäftsmodelle mit Fokus auf Nutzenversprechen, Ertragsmechanik und Wertschöpfungslogik zu identifizieren. Durch diese Neuausrichtung wurden koopetitive Geschäftsmodelle - also Geschäftsmodelle, in denen Konkurrenten miteinander kooperieren - entwickelt und neue notwendige Rollen in diesen Geschäftsmodellen definiert. Die rollenspezifische Gestaltung des Systems fördert einen hohen Partizipationsgrad der Unternehmen und damit den Impact der Systemlösung.

Ausreichend detailtief, ...

Die Projektpartner zeigten im DiLinK-Projekt, dass ein digitaler Produktpass softwareseitig mit den vorhandenen Mitteln gut umsetzbar ist. Es hat so dem viel diskutierten Konzept "digitaler Produktpass" der EU für die Kunststoffherstellung eine erste Umsetzungshilfe für die Praxis zur Seite gestellt. Für ein gutes Funktionieren des Produktpasses sollte dieser einerseits Informationen mit ausreichender Detailtiefe bereitstellen, auf der anderen Seite über-spezifische Lösungen vermeiden, damit sich alle Beteiligten in den Datenstrukturen wiederfinden. Hier muss in Zusammenarbeit mit den Unternehmen festgelegt werden, welche Angaben optional und welche obligatorisch sind. Die Möglichkeit, die Daten individuell zu erweitern, sollte gegeben sein.

... Geheimnisse bewahren

Die Daten im Produktpass müssen dabei in einer Form gespeichert werden, die keine Rückschlüsse auf geistiges Eigentum und Know-how, der teilnehmenden Unternehmen ermöglicht. Hierfür kann beispielsweise mit Stoffgruppen statt genauen Stoffbezeichnungen und mit Mengenbereichen statt genauen Rezepturen gearbeitet werden. Während die Datenhoheit beim Unternehmen liegen muss, das die Daten zur Verfügung stellt, ist es gleichzeitig wichtig, die Zugriffe durch Geschäftspartner einfach und automatisiert zu ermöglichen.

Es hat sich auch gezeigt, dass die Art der Datenerhebung für die Anwendung des digitalen Produktpasses wichtig ist. Müssen alle Daten händisch nachgetragen werden, ist der Aufwand meist zu hoch. Es sollten, wo immer möglich, die Daten schon an der Stelle automatisch geschrieben werden, an der sie erhoben werden.

Das kann beispielsweise während des Produktionsprozesses durch die Produktionsmaschine selbst sein. Denkbar ist auch. dass ein Prüflabor über eine Schnittstelle die Ergebnisse der Materialcharakterisierung direkt in den betreffenden Produktpass des Materials schreibt.

Ausblick

Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die weitere Arbeit der Projektpartner mit ein. So arbeiten das Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V (FIR) an der RWTH Aachen der Software-Entwickler Infosim sowie das SKZ und das Wuppertal Institut in dem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Projekt "Open Circular-Collaboration-Platform for Sustainable Food Packaging from Plastics", kurz "Coppa" weiter am digitalen Produktpass für das Kunststoffrecycling. Hier werden maschinengeschriebene Daten zum Produktionsprozess gespeichert und weitergegeben und die Echtheit der Daten wie der Rezyklatgehalt oder Materialdaten durch digitale Signaturen gesichert.

www.di-link.de



Phillip Bendix

Wissenschaftler Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie phillip.bendix@

Foto: Wuppertal Institut

Holger Berg

Stellvertretender. Abteilungsleiter und Co-Leiter des Forschungsbereichs Digitale Transformation Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

holger.berg@wupperinst.org

Oliver Stübs

Leiter des "Circular Innovation Lab" Infosim GmbH & Co. KG

stuehs@infosim net

Gerrit Hoeborn

Bereichsleitung "Business Transformation" Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V an der RWTH Aachen

gerrit.hoeborn@fir.rwth-aachen.de

Antonia Ivanda

Wissenschaftlerin SKZ - KFE gGmbH

a.ivanda@skz.de



Die winzigen Fahrzeuge fahren selbstständig unter die Last, heben diese vom Boden an und bewegen diese anschließend hochflexibel. Foto: Markus Breig/KIT

Schwere Maschinen bewegen

Große Maschinen auf- oder abzubauen oder neu zu positionieren, ist aufgrund deren Gewichts und oft wegen beengtem Platz meist aufwendig. Oft werden Panzerrollen eingesetzt. Das Spin-Off "Formic Transportsysteme" des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) hat jetzt dafür ein teilautomatisiertes Transportsystem aus separat angetriebenen Fahrzeugen, die wie ein Schwarm miteinander gekoppelt sind, entwickelt. Mit einem Verbund aus Dreien kann eine typische Produktionsmaschine im verarbeitenden Gewerbe bewegt werden. Arbeiten 15 zusammen, können sie ein Gewicht von bis zu 40 t vom Boden anheben und versetzen. Alle Fahrzeuge sind mit Funk miteinander verschaltet und mit Kameras ausgestattet, sodass sie sich selbst koordinieren und gleichzeitig agieren. Die Steuerung erfolgt händisch mit einem Joystick. Neuartig ist neben dem Schwarm-Konzept die Mechanik der Fahrzeuge und die Steuerungssoftware. Die Fahrzeuge können mit einer Pendelachse Hindernisse gut überwinden und verfügen über einen Allradantrieb. Die Gründer des Spin-Offs wollen vor allem Dienstleister für Betriebs- und Maschinenumzüge sowie Firmen, die intern oft Maschinen transportieren, ansprechen. Auch Hersteller großer Maschinen wie Werkzeugmaschinen zählen zur Zielgruppe, da bei der Fertigung selbst schwerer Maschinen eine getaktete Fließfertigung realisiert werden kann. Zudem kann das Spin-Off diese Fahrzeuge auf Kundenwunsch anpassen und etwa mit höherer Traglast versehen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert die Entwicklung dieses Transportsystems bis einschließlich Oktober 2023 mit 147 950 € aus dem Exist-Gründungsstipendium, einem Förderprogramm für Existenzgründungen aus der Wissenschaft gefördert. https://formic-transportsystem.com

Trommelsiebmaschine updated

Die Eggersmann GmbH aus Halle (Westfalen) bietet mit der Kettenversion der "Terra Select T 60" das bisher umfangreichste Update ihrer robusten Trommelsiebmaschinen an: Die Firma hat dazu das Kettenfahrwerk um einige Funktionen ergänzt und die Maschine anhand von Kundenfeedback so weiterentwickelt, so dass es im mobilen Einsatz noch flexibler ist. So verfügt das Fahrwerk jetzt über einen Niveauausgleich, der die Trommel auch auf unebenem Untergrund für bestmögliche Siebergebnisse in Waage hält. Es kann Steigungen von bis zu 7 % kompensieren. Durch die neue Bedienersteuerung ist die Trommelsiebmaschine schnell einsatzbereit und leicht zu manövrieren, sodass Dreh- und Wendemanöver selbst in unwegsameren Geländen einfach von der Hand gehen. Die Siebmaschinen der Terra Select-Reihe eignen sich besonders für Anwendungen wie Kompost oder Erden und kommen daher sehr oft auf unbefestigtem sowie unebenem Untergrund zum Einsatz. Eine weitere Neuheit ist, dass in die Maschine anstelle von Eggersmann Siebtrommeln optional auch kleinere Trommeln von Wettbewerbern von 5,5 m Länge und 2 m Durchmesser eingesetzt werden können. Traditionell liegt die Siebfläche der Terra Select-Maschinen dank eines größeren Trommeldurchmessers rund 10 % über dem Durchschnitt vergleichbarer Maschinen. Dies ist einer der Gründe für die besonders präzise Trennschärfe und die hohen Durchsatzleistungen dieser Maschinen. Auch das Beschicken mit Material wurde vereinfacht: Das Füllvolumen des Aufgabebunkers ist mit 7,5 m³ jetzt 25 % größer als bisher. Gleichzeitig wurde der Einfüllbereich des Bunkers um 16 % verlängert, während die Einfüllhöhe verringert wurde. www.f-e.de



Die neue Trommelsiebmaschine Terra Select T 60 aus Halle (Westf.). Foto: Eggersmann

Schaltanlagen ohne Schwefelhexafluorid (SF₆) – weltweit!

Das Berliner Unternehmen Nuventura bietet seit 2017 die gasisolierte Schaltanlage "nu1" als vollständig geprüfte Mittelspannungs-Schaltanlage für Energieunternehmen an. Das Besondere: In der gasisolierten Schaltanlage wird sehr trockene Luft als Isolationsmedium genutzt. Die meisten Schaltanlagen nutzen hierfür jedoch das Treibhausgas SF₆. Ein Molekül SF₆ erwärmt das Klima aber 25 200 mal stärker als ein Molekül Kohlendioxid. Um seine klimafreundlichen Schaltanlagen auch weltweit anbieten zu können, hat Nuventura weitere Finanzpartner gesucht – und wurde fündig: Der Pariser Risikokapitalgeber Mirova ist Hauptinvestor der neuen Finanzierungsrunde mit dem Gesamtvolumen von 25 Mio €. Neben fünf bereits bestehenden Investoren beteiligten sich jetzt erstmals auch der niederländische Kapitalgeber Forward.one sowie der Fonds des "European Innovation Council" (EIC) der EU. Mit den insgesamt bereits eingesammelten 35 Mio. € will das Unternehmen seine weltweiten Produktionskapazitäten für die SF₆-freie Technik ausbauen.



Sebastian Fiedler zeigt, wie gut "DT360" funktioniert. Foto: WUQM

Wärmeverluste besser messen

Berater*innen für Unternehmen und Kommunen steht ein weltweit einzigartiges Verfahren aus Würzburg zur Gebäudediagnostik zur Verfügung: das Thermografiepanorama-Verfahren "Digital Thermography 360°" ("DT360"). Sebastian Fiedler von der Umwelt- und Qualitätsmanagement Consulting GmbH aus Würzburg hat es an der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt entwickelt. Das Messgerät besteht aus zwei neu entwickelten Panoramaköpfen. Der eine liefert thermografische Datensätze in vollständiger Radiometrie in einer Auflösung von 25 Mio. Pixel, die mit 100 Mio. Pixel-Fotoaufnahmen des zweiten Kopfes kombiniert werden. Beide Datensätze werden kalibriert in einem Kugelpanorama überlagert. Dies erlaubt erstmals, die Energieverluste in einem "übergeordneten Koordinatensystem" einzuordnen. Die Software, auch eine Neuerung, stellt alle Daten auf einer cloudbasierten Plattform verfügbar. Betrachtende können so etwa mit einem Smartphone direkt vor dem Objekt die Ergebnisse verwenden. Eine Software-Weiterentwicklung erstellt eine bildhafte, interaktive und virtuelle Arbeitsoberfläche, in der man navigieren und kommunizieren kann. Dadurch können Ressourcen wesentlich effizienter vorausgeplant und eingesetzt werden. Das Beratungsunternehmen bereitet mit den Stadtwerken Würzburg das Rollout des Verfahrens vor. Die Bundesministerien für Bildung und Forschung sowie für Wirtschaft und Klimaschutz haben den sechsjährigen Forschungsprozess mit 1,2 Mio. € gefördert. 15 Kooperationspartner aus Wirtschaft und Wissenschaft waren beteiligt. https://dt360.wugm.de

Laserrauch sicher absaugen

Die Firma Ult aus Löbau in Sachsen bietet eine neue Filteranlage zur Absaugung von Laserrauch an: die "LAS 260.1". Sie kann flexibel auf wechselnde Prozesse und Materialien wie Metall, Kunststoffe oder Holz angepasst werden und arbeitet sehr leise. Die speziell entwickelten Filtermodule garantieren lange Standzeiten und senken so den Wartungsbedarf. Einen weiteren Vorteil bietet der kontaminationsfreie Filterwechsel mit der so genannten "Save Change Technology". Der Clou: Eine Vorfilterkassette verhindert, dass beim Filterwechsel Staub austritt und den Arbeitsraum kontaminiert. Dafür kann die Öffnung des Vorfilters nach Entnahme des Filters mithilfe eines Aufklebers verschlossen werden. Zudem ist die Absauganlage recht energieeffizient: Die Leistung dieser Absauganlage, also der Energiebedarf pro Stunde, beträgt 0,9 kW. Dies ist knapp ein Fünftel weniger als die 1,1 kW anderer Anlagen mit einer vergleichbaren Absaugleistung von stündlich zwischen 350 m² und 400 m². Die neue Absauganlage ist unkompliziert per Plug-and-Play zu installieren und einfach zu bedienen. Zur externen Kommunikation mit Laseranlagen unterschiedlichster Hersteller stehen moderne Kommunikationsschnittstellen zur Verfügung, die auf Wunsch individualisierbar sind. Das LAS 260.1 kann allein oder als Integrationslösung genutzt werden. Die sächsische Firma stellt für die neue Absauganlage auch umfangreiches Zubehör wie Funkenfänger für den Brandschutz, Schlauch- und Adaptersets, Absaugarme oder zusätzliche Nachfilter zur Reimraum-Installation oder Schallreduzierung, zur Verfügung. www.ult.de



Die neue Absauganlage für Laserrauch aus dem sächsischen Löbau. Foto: Ult

Gezielt Plastik in Gewässern ansteuern

Die niederländische Firma RanMarine Technology aus Rotterdam hat den "WasteShark", ein autonom schwimmendes Fahrzeug zur Gewässerreinigung, entwickelt. Es fährt angetrieben von zwei Elektromotoren durch verschmutzte Bereiche von Gewässern und schluckt Abfälle wie Plastikflaschen und -tüten oder störende Biomasse wie invasive Algen. Das Gerät lässt sich per Funk steuern oder fährt autonom eine festgelegte Route. Die Weltneuheit wurde unter anderem vom "Horizon 2020", dem EU-Förderprogramm für Forschung und Innovation für die Jahre 2014 bis 2020, gefördert. Ausgestattet mit Kamera, Sensoren und GNSS-Empfänger (Global Navigation Satellite System) orientiert sich das Fahrzeug selbstständig im Wasser und weicht Hindernissen aus. Dabei helfen eine Frontkamera und ein LiDAR-Sensor, der mit einer dem Radar verwandten Methode Objekte per Laser erkennt und diese dreidimensional abbildet (LiDAR = Light detection and ranging). Ein Schwachpunkt war bisher eine Ungenauigkeit bei der Positionsbestimmung per Satellit. Das hat sich geändert, seitdem der "Abfallhai" für das Navigieren das Precise-Positioning-System der Firma Swift Navigation mit Hauptsitz in San Francisco, einem Partner der Deutschen Telekom in Bonn, nutzt. Das cloudbasierte System sendet korrigierte Positionsdaten per Mobilfunk zum Fahrzeug.



Die Kamera des Erkennungssystems von Optocycle – etwa 5 m oberhalb der Einfahrtswaage eines Recyclers in Kirchheim u. Teck hilft, Bauabfälle zu sortieren. Foto: Optocycle

Bauschutt präziser sortieren

Werden Gebäude abgerissen, bleiben Abfälle wie Beton, Ziegel, Keramik, Kunststoff und Metall zurück, deren Herstellung Ressourcen sowie Energie benötigt und klimaschädliche Treibhausgase verursacht. Um Bauabfälle möglichst hochwertig zu recyceln, hat das Start-up Optocycle aus Tübingen ein Erkennungssystem entwickelt, um Bestandteile der Abfälle besser sortieren und besser wiederverwerten zu können. Bislang wird Bauschutt in Entsorgungsbetrieben ohne digitale Hilfsmittel klassifiziert und meist niederwertig für Straßen- und Deponiebau sowie zum Verfüllen stillgelegter Tagebauen verwendet. Das neue KI-gestütztes Erkennungssystem, das im sichtbaren Spektrum und im Infrarot-Spektrum arbeitet, soll recycelbare und schadstoffarme Materialien präzise und automatisch erkennen: Kameras nehmen Bilder des Bauschutts etwa von einer Lkw-Ladung oder einem Förderband auf. Danach bestimmt die Software durch optische Bildauswertung die stoffliche Zusammensetzung des jeweiligen Materials. Bauschutt lässt sich danach besser sortieren und etwa zu Recyclingbeton oder Dämmstoffen verarbeiten. In Kirchheim u. Teck bei Stuttgart im Recyclingbetrieb von Walter Feeß ist die Einfahrtswaage bereits mit einer Pilotanlage von Optocycle ausgestattet. Diese unterstützt Mitarbeitende bei Sortierung der Bauschuttfraktionen. Das Erkennungssystem aus Tübingen könnte aufgrund der im August in Kraft getretenen Ersatzbaustoffverordnung auch für Entsorgungsfirmen etwa bei Annahme- und Qualitätskontrollen interessant sein. Das Start-up plant, sein Erkennungssystem auf die Analyse von Bio- und Papierabfällen zu übertragen. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück fördert es in einem Zeitraum von zwei Jahren mit etwa 109 000 €. https://optocycle.de

Mehr Papier recyceln

In dem Forschungsprojekt "Energieeinsparung bei der Papierproduktion durch Erschließung der Wertschöpfungsketten Altpapier aus Leichtverpackungen, Restabfall und Gewerbeabfall", kurz EnEWA, wollen vier Unternehmen und zwei Forschungsinstitute Verfahren entwickeln, recycelbare Papierfasern aus Leichtverpackungen, Restund Gewerbeabfall zurückzugewinnen, um die Rückgewinnungsrate für Papier auf 90 % erhöhen. Aktuell liegt sie inklusive Altpapier aus der getrennten Altpapiersammlung und spezieller Sammelsysteme bei 78 %. Die Firmen Stadler Anlagenbau aus Altshausen, Bayern, und Tomra Systems aus Langenfeld, Nordrhein-Westfalen, entwickeln etwa technische Lösungen, um Papier aus den gemischten Abfallströmen nach verschiedenen Papierqualitäten für das Recycling sortieren zu können. Zudem führte Stadler Anlagenbau in seinem Testzentrum in Krsko, Slowenien, unter realen Einsatzbedingungen Versuche durch, um bei der Sortierung von Papierfasern aus Leichtverpackungen, Rest- und Gewerbeabfall auftretende Probleme zu ermitteln und entsprechende Lösungen anbieten zu können. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Verwertung der beim Papierrecycling anfallenden Reststoffe. Im Projekt wird auch gefragt, was es braucht, um ein Maximum an Papier in den Recyclingkreislauf zurückzuführen. Hierzu zählen Gespräche mit den zuständigen Behörden in Deutschland und der EU. Das Proiekt, das im Dezember 2021 startete, soll im November 2024 abgeschlossen sein. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert EnEWA mit knapp 1,3 Mio. €. Mit dabei sind auch die Universität Siegen und die RWTH Aachen sowie die Leipa Group aus Schwedt/ Oder in Brandenburg und Propakma aus Bietigheim-Bissingen in Baden-Württemberg. https://enewa-forschung.de



Eine Mitarbeiterin von Stadler Anlagenbau untersucht Papierfraktionen in dem Testzentrum im slowenischen Krsko. Foto: Stadler Anlagenbau

Chemisches Recycling im Schneckenextruder

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen, und das Würzburger Kunststoff-Zentrum SKZ wollen im Projekt "RezyBond" thermisch geschädigte Kunststoffe – vor allem Fraktionen des Kunststoffs Polyethlenterephthalat (PET), die nach mehreren Recyclingdurchgängen gealtert sind - chemisch recycelt der Kreislaufwirtschaft zuführen. Das Recycling soll auf Doppelschneckenextruder stattfinden, die gewonnenen Polyole als Ausgangsstoffe für Klebstoffformulierungen verwendet werden. Am SKZ wollen sie eine Demonstratoranlage aufbauen, um interessierten mittelständischen Unternehmen das Verfahren zugänglich zu machen. www.skz.de



Ein geschulter Mitarbeiter ist dabei, einen LNG-Lkw mit einer Mischung aus Bio- und eLNG zu betanken. Foto:Timo Lutz

Mehr finnisches e-Methan

Der Tankstellenbetreiber Alternoil GmbH aus Steinfeld in Niedersachsen will in seinem erneuerbaren Kraftstoff "Reefuel" für Lkw im Schwerlastverkehr vermehrt synthetisches Methan (CH₄) in flüssiger Form, also als synthetisches Flüssiggas, kurz eLNG, einsetzen. Das Tochterunternehmen der Züricher avanca Energy AG, die Innovationen im Bereich alternativer Kraftstoffe und neuer Antriebstechnologien entwickelt, hat dazu einen Vertrag mit einem Joint Venture geschlossen, das diesen Kraftstoff von 2026 an mit einem Power-to-X-Verfahren im finnischen Kristinestad herstellen will. Wasserstoff soll aus Wasser und erneuerbaren Strom gewonnen werden und im Sabatier-Prozess mit jährlich rund 150000 t CO₂ aus nahe gelegenen Müllverbrennungs- und Biogasanlagen in den Antriebsstoff mit klimaneutralem Kohlenstoffatom umgewandelt werden. Von dieser Anlage will Alternoil jährlich rund 50 000 t eLNG beziehen und so seinen eLNG-Absatz deutlich erhöhen. Aktuell bietet Alternoil den Kraftstoff Reefuel in 32 der mehr als 50 Tankstellen im eigenen deutschlandweiten Netzwerk für LNG-betriebene Lkw an. Dieser Kraftstoff enthält eLNG und erneuerbares Bio-LNG aus Reststoffen. Das Joint Venture, das das Projekt in Kristinestad betreibt, besteht aus dem "Prime Green Energy Infrastructure Fund" (PGEIF), der vom Finanzdienstleister Prime Capital mit Hauptsitz in Frankfurt am Main verwaltet wird, und dem Windparkbetreiber CPC Finland, einer Tochter der CPC Germania GmbH & Co. KG aus Rheine in Nordrhein-Westfalen. www.alternoil.de

Windparks schneller planen

Mithilfe KI-basierter Methoden die Zeit, Erträge von Windparks abzuschätzen, mindestens halbieren! Das ist das Ziel der Fachleute aus Forschung und Wirtschaft im Forschungsprojekt "Steigerung von Qualität und Effizienz bei der Ertragsabschätzung für Windpark", kurz "Straight" genannt. Das Konsortium, das das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel anführt, will untersuchen, wie sich eine Messdauer zur Ertragsermittlung von einem Jahr auf wenige Monate verkürzen lässt. Das Problem: Im Sommer liegen in Deutschland meist geringere Windgeschwindigkeiten vor als in Herbst oder Winter. Hinzu kommen jahreszeitliche Variationen der Windrichtung und der Windscherung, die die Änderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe beschreibt. Eine Messung, die kein ganzes Jahr abdeckt, ist damit nicht mehr repräsentativ für die mittleren Windbedingungen. Künftig sollen KI-basierte Modelle diese jahreszeitlichen Muster erkennen, lernen und auf andere Standorte übertragen. Diese Modelle sollen möglichst automatisiert aus Informationen über Wind und Wetter sowie den technischen Rahmenbedingungen der Windenergieanlagen die Erträge berechnen. Ein Nebeneffekt soll sein, dass mit den Computermodellen genauer vorhergesagt werden soll, wie viel Windstrom sich auf welchen Flächen erzeugen lässt. Damit ließe sich die Planbarkeit der Energiewende in Deutschland unterstützen. Das Kick-off-Treffen für das Projekt fand im Juli 2023 am Fraunhofer IEE statt. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert das Projekt in den kommenden drei Jahren mit knapp 1,2 Mio. €. www.iee.fraunhofer.de/straight



Windräder vor stürmischem Himmel. Foto: PantherMedia/Shlapak

Kanalnetzplanung automatisieren

Infrastruktur, um Regen- und Abwasser mit Kanalnetzen und in Kläranlagen zu sammeln, ist in Deutschland gut ausgebaut. Weltweit haben aber 3,4 Milliarden Menschen keinen Zugang zu einer angemessenen Sanitärversorgung. Kanalnetze zu planen, ist aufwendig. Dabei spielen etwa der Grad der De- oder Zentralisierung, die Kanaldurchmesser, das Gefälle, die Verlegetiefen sowie die Pump- und Speicheranlagen eine Rolle. Hier setzt das Start-up "Sustainable Water Infrastructure Solutions GmbH" der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau an. Mit deren Software "Ziggurat" lassen sich Entwässerungssysteme planen und verbessern. Die Software verknüpft etwa viele allgemein gültige technische Regeln der Tiefbauplanung mit mathematischen Methoden, mit denen sich sinnvolle Lösungsvarianten generieren lassen. Das Start-up hat hierfür die Algorithmen auf aktuellen Erkenntnissen aus eigenen Forschungsarbeiten in der Siedlungsentwässerung und Hydroinformatik der Universität entwickelt. Die Software wird künftig auf einer Online-Plattform verfügbar sein, für die sich Interessierte einen kostenfreien Probeaccount erstellen können. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und der Europäische Sozialfonds unterstützten das Start-up mit einem Exist-Gründungsstipendium in Höhe von 147 000€.

Mit Edelstahl gegen Wassermangel

Trinkwasser aus Meerwasser zu gewinnen, heißt, dieses Wasser zu entsalzen. Die Salze im Meerwasser sind aber aggressiv und greifen viele Materialien an. Um Menschen auf diese Weise sicher mit Trinkwasser zu versorgen, braucht es widerstandsfähige Materialien – wie rostfreien Stahl.

Sebastian Heimann

rack-, Industrie- und Meerwasser werden weltweit entsalzt, um Brauch- und Trinkwasser zu gewinnen. Vor allem Länder mit geringen Süßwasservorkommen wie in Nordafrika und dem Nahen Osten sind für eine gesicherte Trinkwasserversorgung sogar auf Meerwasserentsalzung angewiesen. Am häufigsten werden hierfür thermische Verfahren und die Umkehrosmose eingesetzt. Dabei vorherrschende aggressive Medien, vor allem das Meeressalz, sowie hohe Temperaturen und Drücke machen rostfreien Edelstahl als Werkstoff für Pumpen, Rohre, Armaturen und Tanks unentbehrlich.

Die Vollversammlung der Vereinten Nationen hat 2010 den Zugang zu sauberem Wasser als Menschenrecht anerkannt. Nach Angabe der Weltgesundheitsorganisation (WHO) lebt jedoch fast die Hälfte der Weltbevölkerung in Regionen, die von Mangel an Trinkwasser bedroht sind – Tendenz steigend. Neben geografisch bedingtem Wassermangel verschärfen etwa die Ausbreitung von Wüsten, der Klimawandel, das Bevölkerungswachstum sowie der global steigende Wasserverbrauch den Trinkwassermangel dramatisch.

Zur Abwendung einer globalen Wasserkrise sind Meerwasserentsalzungsanlagen daher unverzichtbar. Die Deutsche MeerwasserEntsalzung Gesellschaft mbH mit Sitz in Duisburg gilt international als einer der führenden Experten zum Thema Entsalzung. Laut ihren Erhebungen stellen bereits mehr als 22 000 solcher Anlagen in 170 Ländern insgesamt täglich mehr als 130 Mio. m³ Trinkwasser bereit.



Durch diese Edelstahlrohre werden große Mengen entsalztes Wasser gepumpt. Foto: Butting

Extreme Herausforderungen

Die Umgebungsbedingungen bei der Meerwasserentsalzung setzen Armaturen, Dichtungen, Druckbehälter, Fittings, Pumpen und Rohre sowie Sensoren, Tanks, Ventile und Wellen extremen Herausforderungen aus, denn hohe Salzgehalte in Wasser und Luft erhöhen die Gefahr eines Korrosionsangriffs, da die im Salz enthaltenen Chloride die sogenannte Passivschicht und damit den Schutzmechanismus der nichtrostenden Stähle schwächen und zerstören können.

Hinzu kommen erhebliche Temperaturschwankungen, intensive Sonneneinstrahlung, aggressive Reinigungsmittel und starke Vibrationen. Dies alles erfordert eine sorgfältig darauf abgestimmte Werkstoffauswahl und -verarbeitung. Ausgelegt auf die jeweilige Wasserbeschaffenheit und Prozessumgebung reicht die Bandbreite der eingesetzten nichtrostenden Stähle von Superausteniten wie 1.4565 oder 1.4547 über Lean-Duplexund Duplex-Edelstähle wie 1.4362, 1.4462 bis hin zu Superduplex wie 1.4410, 1.4501 oder 1.4507.



Diese axiale Pumpe aus rostfreiem Stahl hält aggressivem Salzwasser stand. Foto:WZV/Sulzer



Ein Mitarbeiter der Firma Butting aus Knesebeck in Niedersachsen verschweißt Verteilerrohre aus rostfreiem Edelstahl. Foto: Butting

Diese Stähle zeichnen sich dadurch aus, dass alle – bis auf den Lean-Duplex 1.4362 – vor allem Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Molybdän (Mo) als Legierungselemente enthalten. Zusätzlich enthalten einige auch Kupfer (Cu), Mangan (Mn) oder Stickstoff (N). Einer dieser Stähle – der Superaustenit mit der Werkstoffnummer 1.4565 – besteht nur noch zu 46 % aus Eisen (Fe) und enthält dafür 25 % Cr, 18 % Ni, 6 % Mn und 5 % Mo sowie Spuren an Stickstoff.

Legierungen schützen

Diese Elemente werden hinzugegeben, um einen Stahl zu erhalten, der allen Anforderungen des Einsatzzwecks gerecht wird. Neben Eigenschaften wie Festigkeit, Schweißeignung oder Umformbarkeit ist es vor allem die Korrosionsbeständigkeit, die hier von Interesse ist. Ein Stahl darf als nichtrostender Stahl bezeichnet werden, wenn er mindestens 10,5 % Chrom und höchstens 1,2 % Kohlenstoff enthält.

Das Legieren von Stählen mit 10,5 % Chrom oder mehr bewirkt die Bildung einer Deckschicht, mit der sich der Stahl vor einem Korrosionsangriff schützt. Diese Passivschicht ist ein wenige Atomlagen dicker, dichter und transparenter Oxidfilm. Auf der Werkstoffseite wird sie aus Chrom-Eisen-Spinell und auf Mediumseite in sauerstoffhaltigem Wasser aus Chromhydroxid sowie an Luft aus Eisen-Chrom-Oxiden gebildet. Da Korrosion aber keine Werkstoffeigenschaft ist, sondern eine Systemeigenschaft, spielen neben der Stahlzusammensetzung auch das angreifende Medium und die Konstruktion eine entscheidende Rolle.

Je aggressiver das Medium ist, desto mehr schützende Legierungselemente müssen dem Stahl hinzugefügt werden, um die Korrosionsbeständigkeit aufrechtzuerhalten. Dies gilt vor allem dann, wenn Chloridionen im angreifenden Medium enthalten sind. Chloridionen sind der Hauptauslöser von Lochkorrosion.

MEERWASSER ENTSALZEN

Lange Zeit war vor allem in den Golfstaaten und im Nahen Osten die sogenannte mehrstufige Entspannungsverdampfung (Multi Stage Flash, kurz MSF) das gebräuchlichste Verfahren. Zur Deckung des hohen Energiebedarfs für dieses thermische Verfahren wurden hauptsächlich die fossilen Energieträger Schweröl und Erdgas genutzt.

Inzwischen setzen sonnenreiche Staaten vermehrt auf Sonnenwärmekraftwerke, die "Concentrated Solar Power" (CSP), die konzentrierte Sonnenenergie in Wärme umwandeln und diese speichern, um die notwendige Energie für eine stetige Süßwasserproduktion auch nachts bereitzustellen. Für das MSF-Verfahren wird das aus dem Meer angesaugte Rohwasser mit Kraftwerkabwärme auf etwa 115 °C erhitzt und unter Vakuum verdampft. Der Wasserdampf kondensiert an mit Kühlflüssigkeit gefüllten Rohrleitungen bei 40 °C und das so wiederum verflüssigte, salzfreie Wasser wird gesammelt.

Heute nutzen rund 80 % aller Meerwasseranlagen jedoch das mechanische, deutlich wirkungsvollere und weniger energieintensive Verfahren der Umkehrosmose. Bei diesem Membran-Trennverfahren wird das angesaugte Meerwasser unter hohem Druck durch eine semipermeable Membran gepresst. Die Membran hält wie ein Filter das Salz zurück, sodass als gewünschtes Filtrat – das Permeat – Süßwasser entsteht. Zur Verhinderung von mineralischer, biologischer oder kolloidaler Belagsbildung werden die bei der Umkehrosmose eingesetzten Pumpen und Leitungen mit chemischen Mitteln behandelt und anschließend durchgespült. Das entsalzte Wasser ist erst nach weiteren Behandlungsschritten als Trinkwasser geeignet. Dazu zählen – abhängig von den spezifischen Wassereigenschaften – die Zugabe von Kalk, Kohlendioxid sowie von Chlor oder die UV-Bestrahlung gegen Keime. Das Salzkonzentrat – Brine oder Lake genannt – wird in entsprechend verdünnter und aufbereiteter Form wieder ins Meer zurückgeleitet, damit es den maritimen Ökosystemen nicht schadet. Neben Anlagen zur Meerwasserentsalzung mittels Umkehrosmose im großindustriellen Maßstab sind auch Containeranlagen im Einsatz, die auf vorgefertigten Montagegestellen die nötigen Aggregate inklusive Vorfilter, Speicher und Steuerung beinhalten.

Drei sehr wichtige Elemente

Neben der Erhöhung des Chromgehalts kann die Korrosionsbeständigkeit vor allem durch Hinzufügen von Molybdän und Stickstoff erhöht werden. Molybdän steigert neben der allgemeinen Korrosionsbeständigkeit vor allem die Beständigkeit gegen Spaltkorrosion.

Stickstoff wiederum unterstützt Molybdän in seiner Wirkung und erhöht zusätzlich die Streckgrenze und die Warmfestigkeit. Gleichzeitig wirkt es wie Nickel Austenit-stabilisierend und verzögert die Ausscheidung spröder Phasen. Diese anwendungsspezifisch legierten nichtrosten-



Rohrgehäusepumpen aus rostfreiem Edelstahl sind je nach Einsatzgebiet als Radial-, Axial- oder Mischpumpen ausgelegt. Foto: WZV/Andritz Water

den Stähle weisen die erforderliche Widerstandskraft gegen die korrosiven, stark chloridhaltigen Umgebungsbedingungen und somit die notwendige Beständigkeit gegen Loch-, Spalt- und Spannungsrisskorrosion auf.

Nachhaltig robust und abrasionsbeständig, ermöglichen sie langlebige und wartungsarme Designs in der dauerfeuchten korrosiven Umgebung – ohne Abplatzen oder Unterwanderung von Oberflächenbeschichtungen.

Duplex spart Material

Für Duplex-Edelstähle sprechen der Einsatz erheblich reduzierter Materialdicken, somit weniger Platzbedarf sowie geringere Kosten. Korrosions- und druckbeständige Superduplex-Edelstähle finden daher in Meerwasserentsalzungsanlagen auf der ganzen Welt Einsatz für Rohrleitungen, Rohrzubehör wie Fittings und technische Armaturen.

In der Praxis bewährt haben sich etwa Kreiselpumpen mit einer Wellenabdichtung aus Edelstahl der Sorte 1.4435 oder Hochdruckkreiselpumpen mit einer Welle austenitisch-ferritischem Duplex-Edelstahl der Güte 1.4462. Höchste Wirkungsgrade erzielen Hochdruckpumpen wie vertikale Rohrgehäusepumpen, die beim Ansaugen des Rohwassers für Entsalzungsanlagen eingesetzt werden. Je nach Einsatzgebiet sind sie als Radial-, Axial- oder Mischpumpe in angepasster Werkstoffwahl - rostfreie CrNi-Stähle, Duplex- und Superduplex-Edelstähle für bis zu 80 m (einstufig) oder 120 m (zweistufig) und bis zu 70 000 m³ Förderstrom pro Stunde ausgelegt.

Singapur & Melbourne

Beispielhaft für die geforderten Leistungen steht die größte Meerwasserentsalzungsanlage Südostasiens, die Keppel Marina East Desalination Plant in Singapur, die als jahresbeste Anlage ihrer Art 2021 mit den "Global Water Awards" ausgezeichnet wurde. Sie produziert pro Tag 136 000 m³ Trinkwasser durch Umkehrosmose. Möglich machen dies Tauchpumpen mit 90 mm Wellendurchmesser sowie Hochdruck- und Rückschlagventile an den Pumpstationen vor den Osmose-Modulen aus Superduplex Stahlguss 1.4469 beziehungsweise ASTM A890 Grade 5A.

Die Wonthaggi Desalination Plant in der Nähe von Melbourne, Australien, sichert mit einer Tagesproduktion von 440 000 m³ die Wasserversorgung für den gesamten Bundesstaat Victoria. 1 830 durch manuelle Schneckengetriebe betätigte und elektrisch oder pneumatisch angetriebene Absperrklappen widerstehen mit Inlays aus Edelstahl der Sorte 1.4401 den vorherrschenden aggressiven Prozessbedingungen. Dieser Stahl mit dem Kurznamen X5CrNiMo17-12-2 enthält 17 % Chrom, 12 % Nickel und 2 % Molybdän.

Rücksicht auf die Umwelt

70 % der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt, nur etwa 2,5 % davon ist Süßwasser. Davon wiederum ist nur weniger als ein Prozent für den Menschen zugänglich. Durch Meerwasserentsalzung könnte daher ausreichend Trinkwasser für die Weltbevölkerung hergestellt werden. Als Kehrseite der Medaille wird die



Diese einstufige Kreiselpumpe aus rostfreiem Edelstahl widersteht Salzwasser. *Foto: WZV/Sulzer*

damit einhergehende Umweltbelastung angeführt. Neben dem Risiko einer zu hohen Salzkonzentration, wenn die Salzlake vor der Rückleitung ins Meer nicht ordnungsgemäß verdünnt wird, werden der hohe Energiebedarf sowie eine mögliche Gefährdung von Meeresbewohnern durch die Ansaugpumpen kritisiert.

Der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energien, die Umstellung von der mehrstufigen Entspannungsverdampfung auf Umkehrosmose sowie die konsequente Überwachung einer umweltverträglichen Konzentration der wieder ins Meer eingeleiteten Salzlösung tragen maßgeblich zur Verringerung der Umweltbelastungen bei. Um dem Wassermangel mit Hochdruck zu begegnen, sind korrosionsbeständige, energieeffiziente Hochdruckpumpen unverzichtbar, deren hohe Druckenergie am Ende der Umkehrosmose wieder ins System zurückgeführt wird. Verlässlicher Partner auf diesem Weg zu einer gesicherten und nachhaltigen Trinkwasserversorgung der Weltbevölkerung ist Edelstahl Rostfrei in allen Verfahrensstufen.

www.wzv-rostfrei.de



Dr.-Ing.
Sebastian
Heimann

Geschäftsführer Warenzeichenverband Edelstahl Rostfrei (WZV)

info@wzv-rostfrei.de

Foto: Heimann



Mit der Kraft der Sonne

Ein Aachener Team von Studierenden nimmt im Oktober mit einem solarbetriebenen Fahrzeug an einem Rennen quer durch das australische Outback teil. Sie haben ihren Sonnenwagen mithilfe eines Kunststoffherstellers aus Leverkusen auf Leichtigkeit getrimmt und dabei Sicherheit und Stabilität nicht außer Acht gelassen.

Leonie Brandt & Frank Rothbarth

as Team Sonnenwagen aus Aachen hat ein großes Ziel: die "Bridgestone World Solar Challenge 2023" in Australien zu gewinnen. Bei dem abenteuerlichen Solarrennen von Darwin nach Adelaide, quer durch das australische Outback, wetteifert die Gruppe von mehr als 50 Studierenden der RWTH Aachen und der Fachhochschule Aachen mit mehr als 40 internationalen Teams um das effizienteste Solarauto. Es gilt, unter harschen klimatischen Bedingungen eine Strecke von 3022 km zu bewältigen.

Alle teilnehmenden Fahrzeuge generieren die Energie für die Fahrt mit Solarzellen auf ihrem Autodach und sind dadurch völlig autark. Das Konzept solcher Solarautos basiert auf einer aerodynamischen

Außenhaut, effizienter Elektrotechnik und extremem Leichtbau: Hat ein Liter Diesel einen Energiegehalt von etwa 10 kWh, so verbraucht etwa der Sonnenwagen aus Aachen im Vergleich dazu nur rund 1 kWh auf 100 km. Bei einem Wirkungsgrad eines Standardmotors von etwa 35 % entspricht dies einem Energieverbrauch von nur etwa 0,3 l auf 100 km.

Das Team Sonnenwagen entwickelt seit seiner Gründung 2015 innovative Solarfahrzeuge. 2017 nahm es mit seinem Sonnenwagen 1 zum ersten Mal an der Bridgestone World Solar Challenge teil und wurde als "Best Newcomer" ausgezeichnet. Seitdem setzt es alle zwei Jahre auf Pioniergeist und tüftelt an einer neuen Generation seines Sonnenwagens.

Im Juni 2023 enthüllten die Studierenden stolz die vierte Generation ihres Son-

nenwagens: die Covestro Adelie. Bei der Konstruktion und Entwicklung des neuen Modells konzentrierten sie sich auf die Maximierung der Effizienz beispielsweise durch Gewichtsreduzierung. Die Umsetzung war für sie eine echte Herausforderung.

Effizient durch Leichtbau

Die erste Entscheidung war die Frage nach dem Konzept: "Bauen wir in einer Katamaran- oder einer Pfeil-Bauweise?" Das Vorgängermodell Covestro Photon wurde 2021 als Katamaran gebaut.

Charakteristisch dafür ist die breite, stabile, zweiachsige Außenform. Im Gegensatz dazu hat die Pfeilbauweise typischerweise eine symmetrische, einachsige Außenform. Diese Entscheidung bestimmt weitgehend die äußere Form und alle

Komponenten der Covestro Adelie. Aufgrund der besseren aerodynamischen Werte entschied sich das Team, den Wagen in Pfeilform zu bauen.

Denn aerodynamische Effizienz hat für das Team oberste Priorität. Mit einem möglichst geringen Luftwiderstand kann der Energieverbrauch auf ein Minimum verringert werden.

Während der einjährigen Entwicklungszeit führte die Teamarbeit zum Erfolg: Aerodynamik, Elektrotechnik, Fahrstrategie, Fahrwerk, Antrieb und Struktur greifen perfekt ineinander. Mehr als 200 000 h Berechnungen waren für die Optimierung der äußeren Form erforderlich, hinzu kamen 10 000 Werkstattstunden für die Karosserie sowie viele weitere Tage für elektrische und mechanische Komponenten und die Entwicklung der Fahrstrategie.

Ein weiterer Aspekt zur Erhöhung der Effizienz des Sonnenwagens ist, das Gewicht zu reduzieren. Je schwerer das Fahrzeug am Ende ist, desto mehr Energie wird benötigt, um sich fortzubewegen. Dies betrifft vor allem die Konstruktion des Autos, denn jedes zusätzliche Gramm Gewicht erhöht den Energieverbrauch und verringert die Leistung.

Die Kunst des Leichtbaus stand daher im Mittelpunkt. Dank vieler Verbesserungen wiegt die Karosserie der Adelie 16 % weniger als diejenige ihres Vorgängers, das Fahrwerk bringt sogar 20 % weniger auf die Waage. Das gesamte Fahrzeug wiegt insgesamt rund 160 kg.

Kunststoffe: leicht & sicher

Neben einem ausgeklügelten strukturellen Design wählten die Studierenden das Material geschickt aus. Bei der Außenhaut vertrauen sie auf Carbonfasern, die sehr gute mechanische Eigenschaften mit geringem Gewicht vereinen. Auch die inneren Komponenten spielen eine wichtige Rolle: das Fahrwerk, die elektrischen Komponenten und auch die Strukturbauteile, die einerseits der Sicherheit des Fahrers dienen und andererseits für die Stabilität der Adelie unerlässlich sind.

Der Leverkusener Kunststoffhersteller Covestro teilt den Enthusiasmus der Studierenden für eine nachhaltigere Mobilität und unterstützt das Team mit innovativen Materiallösungen, fachlichem Austausch – und seit rund fünf Jahren als Hauptsponsor.

Ein herausragendes Beispiel für die Zusammenarbeit sind die neuen Halte-



Das Vorgängermodell "Photon" in der Katamaran-Bauweise. Foto: C. Odendahl/Team Sonnenwagen



Felix Krülls vom Team Sonnenwagen begutachtet einen der beiden Scheinwerfer. Die beim Betrieb entstehende Wärme wird durch das hochgefüllte Polycarbonat Makrolon TC abgeleitet. Foto: C. Odendahl/Team Sonnenwagen

rungen für die Batterie. Diese bestehen aus sorgfältig gefrästen schlagfesten Kunststoffplatten aus dem Polycarbonat-Kunststoff Makrolon.

Die Robustheit dieser Platten gewährleistet nicht nur die Sicherheit der Batterien, sondern auch ihre uneingeschränkte Funktionalität – hoffentlich auch unter den härtesten Bedingungen des australischen Outbacks.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Kunststoffen ist der Fahrersitz. In der Fahrerkabine hat die Sicherheit des Fahrers oberste Priorität. Die Sitzschale, die ihn vor dem "Durchrutschen" schützt, wurde sorgfältig konstruiert. Dank eines thermoplastischen Polyurethans aus Leverkusen konnte das Team Sonnenwagen ein Design verwirklichen, das nicht nur robust und sicher, sondern auch sehr leichtgewichtig ist.

Leichtgewichtige Kunststoffe – vor allem im oberen Bereich des Fahrzeugs – sorgen auch dafür, dass der Schwerpunkt des Fahrzeugs tiefer liegt. Damit verbunden ist eine bessere Straßenlage.

Noch eine Innovation hat das Team gemeinsam mit Covestro entwickelt: In den Scheinwerfern der Adelie kommt das wärmeleitende Polycarbonat "Makrolon TC" zum Einsatz. Neben der Gewichtsersparnis von 50 % gegenüber Aluminium hat sich dieser mit Grafit hochgefüllte Kunststoff in den Tests als hervorragender Kühlkörper erwiesen.

Diese Eigenschaft ist im australischen Outback bei über 30 °C sehr wichtig, um die Scheinwerfer vor Überhitzung zu schützen. Darauf weist auch die Abkürzung "TC" hin: Sie steht für "thermally conductive", also für wärmeleitend. Dieser Kunststoff kann Wärme ähnlich gut wie Aluminium leiten.

Nach zwei Jahren Entwicklung, Fertigung und ausgiebiger Testphase befindet sich die Covestro Adelie nun auf dem Weg nach Australien. Dort wird der Sonnenwagen vom 22. bis 29. Oktober an der Bridgestone World Solar Challenge teilnehmen, dem wohl härtesten Solarautorennen der Welt.

www.sonnenwagen.org

ZUSATZINFORMATION

Frau Brandt möchte in einem zweiten Beitrag – in der Ausgabe 1-2/2024 des UmweltMagazins – über das Rennen und zwei weitere Aspekte des Sonnenwagens berichten: die Software von Siemens und die aerodynamische Effizienz.



Leonie Brandt Leiterin PR Team Sonnenwagen

l.brandt@sonnenwagen.org

Luis Guridil/Team Sonnenwagen

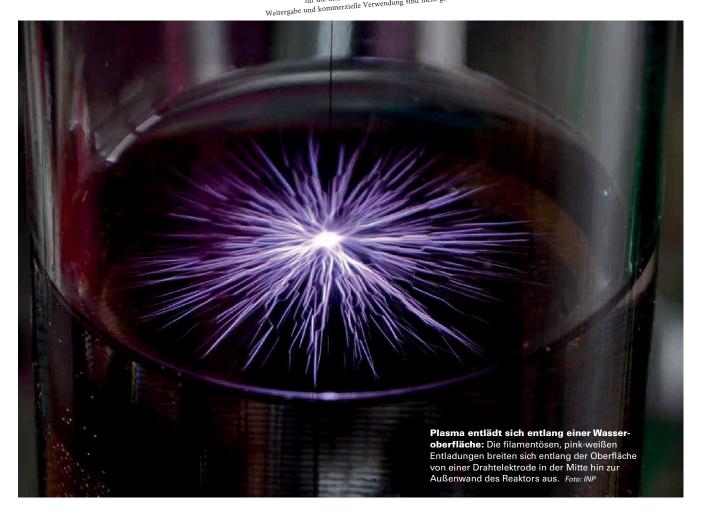


Frank Rothbarth

Trade Media Relations Covestro

frank.rothbarth@covestro.com

Foto: Covestro



Neue Plasmatechnologien zur Wasserbehandlung

Organische Schadstoffe sind oft persistent gegenüber herkömmlichen Behandlungsverfahren. Ein Forschungsinstitut in Mecklenburg-Vorpommern entwickelt daher Plasmaverfahren, mit denen eben diese Schadstoffe dezentral und effektiv und unter umwelt- und ressourcenschonenden Bedingungen im Wasser abgebaut werden.

Marcel Schneider & Jürgen F. Kolb

n den letzten Jahren wurden immer häufiger chemische Schadstoffe in Grund- und Oberflächengewässern, mancherorts sogar im Trinkwasser nachgewiesen. Trotz hoher Qualitätsstandards der Abwasserbehandlung auf industriellen und kommunalen Kläranlagen finden viele dieser für den Menschen und die Umwelt gefährlichen Stoffe ihren Weg in Flüsse und Seen und von dort auch ins Trinkwasser.

Auch Pflanzenschutz- und Düngemittel, die ebenfalls ins Grundwasser versickern oder über Drainagesysteme in Flüsse gelangen können, stellen ein Problem dar. Das gilt auch für die damit eingetragenen Nährstoffe, allen voran Stickstoff und Phosphor, die die Bildung von Algen und Cyanobakterien begünstigen.

Trotz der Bemühungen, etwa durch strengere Kontrollen und Richtlinien, können vor allem gelöste organische Schadstoffe durch derzeit gängige Behandlungsverfahren oft nicht in zufriedenstellendem Maß entfernt werden.

Fortschrittlich behandeln

Aus diesem Grund werden verstärkt Verfahren entwickelt und erprobt, wobei die Erwartungen insbesondere an sogenannte "fortschrittliche Oxidationsprozesse" hoch sind. Mit diesen "Advanced

Oxidation Processes" (AOPs), können persistente Verbindungen nicht nur wie etwa bei Filtrations- und Adsorptionsverfahren aus dem Wasser entfernt, sondern tatsächlich *in situ* abgebaut werden.

Dafür verantwortlich sind chemisch äußerst reaktive Spezies wie Ozon (O₃) und auch sogenannte Radikale. Dies sind Atome oder Moleküle mit mindestens einem ungepaarten Valenzelektron. Ein Beispiel ist das neutrale Hydroxyl-Radikal (OH), dem im Vergleich zum negativ geladenen Hydroxyl-Ion (OH-) ein Elektron fehlt. Solche Spezies haben im Vergleich zu herkömmlichen Oxidationsmitteln wie Chlor und Permanganat ein deutlich höheres Oxidationspotenzial und können auch stabilere Verbindungen wie das Schmerzmittel Diclofenac oder das iodierte Röntgenkontrastmittel Amidotrizoat aufbrechen.

Radikale sind allerdings sehr kurzlebig. Die Halbwertszeit von Hydroxyl-Radikalen (OH) im Wasser liegt in der Größenordnung von 10^{-6} bis 10^{-9} Sekunden. Sie müssen daher direkt im oder zumindest nahe am Wasser erzeugt werden.

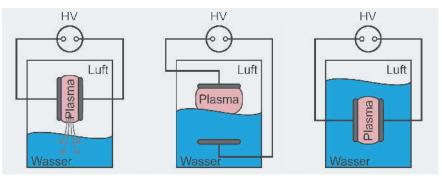
Ein physikalisches Plasma wird oft als ionisiertes und reaktives Gas beschrieben, welches durch das Anlegen einer Hochspannung zwischen mindestens zwei Elektroden in einer elektrischen Entladung erzeugt wird. Dabei wird sichtbares und ultraviolettes Licht emittiert und es können starke elektrische Felder sowie Schockwellen auftreten.

Weiterhin werden durch die Wechselwirkung des erzeugten Plasmas mit dem Medium, in dem es gezündet wird, eine Reihe chemischer Reaktionen angeregt. Geschieht dies bei Normaldruck, wird von Atmosphärendruckplasmen gesprochen. Diese eignen sich am besten für praktischen Anwendungen.

Plasma bei Normaldruck

Die Plasmatechnologie bei Normaldruck ist damit eine vielversprechende Alternative zu anderen AOPs. Das einfache und robuste Prinzip kann zudem auf verschiedene Behandlungsvolumina und Schadstoffkonzentrationen ausgelegt werden, wie etwa für die Behandlung von Krankenhausabwässern aber letztendlich auch für eine vierte Reinigungsstufe auf Kläranlagen.

Die durch das Plasma induzierten physikalischen und vor allem die chemischen Prozesse lassen sich gezielt für



Schematische Darstellung der drei grundlegenden Konzepte, Plasma durch Anlegen einer Hochspannung (HV) zu erzeugen und mit Verunreinigungen im Wasser zusammenzubringen. Das Plasma wird in der Gasphase über dem Wasser erzeugt (links), im Kontakt mit Wasser (mittig) oder direkt im Wasser (rechts). Grafik: INP



Ein Plasmabogen entlädt sich im Wassersprühnebel: Wasser wird mithilfe eines Gasstromes als feiner Nebel von oben durch zwei rund gebogene Elektroden gesprüht, zwischen denen sich pink-weiße Entladungen ausbilden, die durch den Gasstrom nach unten wandern. Foto: INP

den Abbau biologischer und chemischer Kontaminationen ausnutzen. Entscheidend bei der Wasserbehandlung ist, dass das Plasma mit den im Wasser enthalten Verunreinigungen interagieren kann. Je nach Anwendung und Zielsetzung können drei Funktionsprinzipien für eine möglichst effiziente Interaktion zwischen Plasma und Schadstoffen unterschieden werden:

- 1. Plasma wird unabhängig vom Wasser erzeugt.
- 2. Plasma und Wasser sind zwar getrennt aber in engem Kontakt, und
- 3. Plasma wird direkt im Wasser erzeugt.

Mit Plasma Wasser reinigen

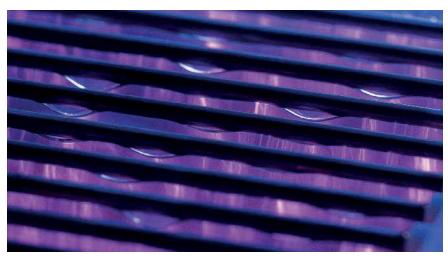
Das erste Konzept wird bereits in der Wasseraufbereitung in Form der Ozonung angewendet. Dabei wird Ozon in trockener Luft oder Sauerstoff erzeugt. Das ausgeleitete Gas wird dann ins Wasser eingebracht. Neben Ozon können auch andere reaktive Substanzen wie reaktive Stickstoffspezies gebildet werden. Im zweiten Konzept werden kurzlebige Radikale durch die Wechselwirkung mit der Flüssigkeit direkt in diese eingetragen. Für die letzte Methode wird eine Entladung direkt im Wasser gezündet, ohne, dass dafür eine Gasversorgung notwendig ist.

Damit werden das Wasser und die darin enthaltenen Schadstoffe direkt in den Prozess miteinbezogen. Dadurch können alle mit dem Plasma verbundenen Mechanismen genutzt werden und gebildete reaktive Spezies gehen ohne Umweg in Lösung. Abhängig vom jeweiligen Konzept, dem Reaktionsmedium, in dem das Plasma gezündet wird, und den elektrischen Betriebsparametern, können verschiedene reaktive Spezies in unterschiedlicher Ausprägung gebildet werden.

Die zunächst unmittelbar erzeugten oft kurzlebigen Ionen und Radikale nehmen an einer Reihe von nachfolgenden Reaktionen teil, aus denen weitere chemisch reaktive Spezies hervorgehen. So werden bei einem Plasma in trockener Luft vorrangig Ozon oder Stickoxide gebildet, wohingegen bei einem Plasma direkt im Wasser vor allem Hydroxyl-Radikale (OH) und Wasserstoffperoxid (H₂O₂) erzeugt werden.

Die verschiedenen Möglichkeiten haben den Vorteil unterschiedliche Anforderungen für eine Wasserbehandlung in Bezug auf Behandlungsvolumen sowie Art und Konzentrationen unterschiedlicher

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschaften für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Eine dielektrisch-behinderte Plasmaentladung im Wassersprühnebel: Wasser wird als feiner Nebel von oben auf zwei parallel angeordnete Elektrodenschichten gesprüht, zwischen denen sich die Entladungen als pinke Filamente ausbilden. *Foto: INP*

Schadstoffbelastungen berücksichtigen zu können. Dabei kann ein konkreter Reaktortyp für typischerweise relevanter Schadstoffe, wie vergleichsweise geringe Konzentrationen von Röntgenkontrastmittel in Krankenhausabwässern oder aber hohe Konzentrationen von Pestiziden in Spritzmittelresten gezielt konzipiert werden.

Gute Ergebnisse

Am Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifwald konnten mit den verschiedenen Ansätzen chemische Schadstoffe abgebaut und Mikroorganismen inaktiviert werden, die die Trinkwasserversorgung aus Oberflächenreservoiren zunehmend vor Probleme stellen. Sechs Beispiele:

Pharmazeutika wie das Schmerzmittel Diclofenac, das stabil gegenüber vielen anderen Oxidationsverfahren ist, und Ethinylestradiol, ein Inhaltsstoff vieler Antibabypillen konnten durch ein Plasma im Wasser um mehr als 99 % beziehungsweise 95 % abgebaut werden.

Antibiotikaresistente Keime und Legionellen wurden zu mehr als 99,9 % in einem Krankenhausabwasser inaktiviert.

Für mehrere **Wirkstoffe** von **Pflanzenschutzmitteln** konnte auch eine hohe Abbaueffektivität erzielt werden – unter anderem für das Insektizid Acetamiprid, einem Neonicotinoid. Das Herbizid Glyphosat wurde zu mehr als 90 % mithilfe eines Plasmas entlang der Wasseroberfläche beseitigt.

Auch **Bisphenol A** (BPA) sowie perund **polyfluorierte Alkylverbindungen** wie Perfluoroktansäure (PFAS) wurden erfolgreich abgebaut.

Auch **natürliche Schadstoffe** wie von Cyanobakterien und Algen produzierte Toxine und andere Sekundärmetabolite wurden weitestgehend zersetzt.

Vom Labor in die Praxis

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse aus zahlreichen Laboruntersuchungen findet die Plasma-basierte Wasserbehandlung im industriellen Maßstab bisher kaum Anwendung. Dafür müssen die Verfahren oft noch aufskaliert werden und sich unter verschiedenen realen Bedingungen bewähren.

Dieses Ziel verfolgt das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie daher mit verschiedenen Partnern. Erste Erfolge zeigten etwa Feldversuche, bei denen zwei Prozesswässer in der agrartechnischen Produktion dezentral behandelt wurden.

So ließ sich durch die Behandlung mit einer dielektrisch-behinderten Entladung in einem Wassersprühnebel bei relevanten Volumenströmen und in Kombination mit anderen Verfahren wie Ultrafiltration, Ozonung und UV-Bestrahlung die Keimbelastung in einem Prozessabwasser aus der Lebensmittelindustrie um mehrere log-Stufen verringern.

Dazu wurde Wasser mit Druckluft vermischt und anschließend als feiner Sprühnebel auf zwei parallel übereinander angeordnete Elektrodenschichten gesprüht. Die obere Elektrodenschicht besteht aus blanken Metallelektroden. Die darunter liegende Schicht besteht aus mit einem Dielektrikum ummantelten Metallelektro-



Entlädt sich das Plasma Korona-ähnlich, bilden sich blau-weiße Filamente über der Drahtelektrode in der Mitte aus. Foto: INP

den. Durch Anlegen einer gepulsten Hochspannung bilden sich filamentöse Entladungen zwischen den Elektrodenschichten aus. Das erzeugte Plasma wechselwirkte dabei mit dem Wasser und den darin enthaltenen Keimen.

Neben der Prozess- und Abwasserbehandlung werden weitere Anwendungsfelder verfolgt, die eine dezentrale Wasseraufbereitung nahelegen. Hier bietet die Flexibilität der Plasmatechnologie Vorteile und Potenzial. Dazu gehören die Behandlung von Krankenhausabwasser, Ablaufwasser aus Felddrainagen, Regenwasser für die Bewässerung, oder die ressourcenschonende Wasserkreislaufführung in Hydroponik- und Aquakulturanlagen.

www.inp-greifswald.de

Dr.
Marcel
Schneider



Arbeitsgruppenleiter Clean Water Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie

marcel.schneider@ inp-greifswald.de

Foto: INP

Prof. Dr. Jürgen F. Kolb



Forschungsschwerpunktleiter Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie

juergen.kolb@ inp-greifswald.de

oto: INP

Energetisch sanieren! Chance oder Zwang?

Die Sinnhaftigkeit der vom Staat vorgeschriebenen Gebäudesanierungen der letzten Jahre lassen sich infrage stellen. Zwischen Klimakrise und Pariser Abkommen beschleicht einen leicht das Gefühl, viele Maßnahmen zielen nur darauf ab, alles perfekt generieren zu wollen: auf Kosten der Kosten. Immobilienbesitzer und Politik stehen sichtlich am Scheideweg. Wo treffen sie sich zwischen Chance und Zwang in der Mitte?

Julian Bertlein

eit 2014 haben sich die Vorschriften von staatlicher Seite, also die rechtlichen Auflagen hinsichtlich Brandschutz sowie Art und Umfang der Dämmung, massiv verändert und erhöht. Deshalb müssen Bauende einen deutlich höheren Kostenfaktor für Bauleitung, -überwachung und -ausführung einkalkulieren und der Gesamtpreis einer Immobilie geht in vielen Fällen durch die Decke.

Ein durch staatliche Vorgaben induzierter Leitaufwand spiegelt sich im Kostenapparat wider: der Endkunde zahlt. Eigennutzer erwartet ein teurerer Kaufpreis sowie höhere Kreditraten. Auf Kapitalanlegende kommen Mehrkosten zu, die sich nur in Form von höheren Weitervermietungspreisen abdecken lassen. Das verstimmt nicht nur Bewohner, sondern befeuert die bereits vorherrschende Mietkrise in Großstädten zusätzlich.

EU-weit Gebäude sanieren

Kai Warnecke, Vorsitzende des Eigentümerverbandes Haus & Grund Deutschland, rechnet mit Kosten von 1000 bis 1500 €/m² Grundfläche für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen. Eine Analyse der Bundesgütegemeinschaft Instandsetzung von Betonbauwerken (BGIB) mit Sitz in Berlin hat 2022 ergeben, dass sich bei knapp der Hälfte der Bestandsobjekte im deutschen Raum eine Energieeffizienzklasse E oder schlechter konstatieren lässt.

Nach Vorstellungen des EU-Parlaments müssen alle Bestandsgebäude mit



Das mehr als 100 Jahre alte Gebäude in der Kriegsstraße in Karlsruhe, das die Immobiliengesellschaft WBD Immo jetzt energetisch sanieren will. Foto: WBD Immo

einer Energieeffizienzklasse E oder schlechter bis 2033 mindestens auf eine Energieeffizienzklasse D saniert werden. In Summe betrifft die energetische Sanierung laut Schätzungen des Immobilienverband (IVD) mit Sitz in allein in Deutschland knapp 7 Mio. Eigenheime und knapp 7,2 Mio. Mietwohnungen.

Dabei handelt es sich meistens um teure Grundsanierungsprozesse: neue Dämmungen und Fenster, vollständige Sanierung des Daches sowie der Rat zur generellen Überholung der Heizung – neue Heizungen sollen ab 2024 zu zwei Dritteln durch erneuerbare Energien betrieben werden. Ausschlaggebend für die

Energieeffizienzklasse	kWh/m² (jährlich)	Typischer Haustyp
A+	0 bis 30	Neubauten mit höchstem Energiestandard
А	30 bis 50	Neubauten, Niedrigenergiehäuser
В	50 bis 75	normale Neubauten
С	75 bis 100	Mindestanforderung Neubau
D	100 bis 130	gut sanierte Altbauten
Е	130 bis 160	sanierte Altbauten
F	160 bis 200	sanierte Altbauten
G	200 bis 250	teilweise sanierte Altbauten
Н	über 250	unsanierte Gebäude

Tabelle Die neun Energieeffizienzklassen der EU.

tatsächlich anfallenden Kosten ist natürlich auch das Effizienzziel der Sanierung. Soll von Klasse G auf A+ umgebaut werden, ergibt sich ein höherer Kostenaufwand als von Klasse E auf C.

Bereits jetzt ist abzusehen, dass sich die Immobilienpreise nicht so schnell erholen; auch die Kosten für Handwerker rangieren vorerst weiter auf einem sehr hohen Niveau.

Doch der große Lichtblick: Der Einschätzung vieler Fachleute nach wird es zu einem gewaltigen Abverkauf unsanierter Objekte in den nächsten zehn Jahren kommen. Wer hier als Gewinner hervorgehen möchte, fokussiert sich auf nachgefragte Wachstumsstandorte in B-Lage: Diese meint deutsche Großstädte mit großer nationaler und regionaler Bedeutung wie Dortmund, Karlsruhe oder etwa Leipzig. Im Gegensatz zu Immobilien in A-Lage - also Metropolen von internationaler Bedeutung wie Berlin oder München sind hohe Mieten und Kaufpreise zwar charakteristisch, allerdings nicht so exorbitant.

Erfolgreich sanieren

Ein Beispiel des der WBD Immo in Karlsruhe, einem Full-Service-Anbieters für Immobilien, zeigt, wie sich an einem bestehenden Objekt ressourcenschonend bauliche Sanierungsmaßnahmen erfolgreich durchführen lassen, ohne den Altbau abreißen zu müssen. Die Mietparteien können die Anlage während der Sanierungs- und Umbauarbeiten weiterhin bewohnen.

Das mehr als 100 Jahre alte Gebäude in der Kriegsstraße in Karlsruhe umfasst 19 Wohneinheiten, von denen aktuell 14 vermietet sind. Hierbei handelt es sich um 1-, 2- und 3-Zimmer-Wohnungen mit rund 30 Bewohnern. Die aktuelle Energieeffizienzklasse ist G und wird nach Abschluss der Arbeiten mit einem Energieverbrauch von 22 KWh die Effizienzklasse A+ erreichen. Die Herausforderung bei bewohnten Gebäuden besteht darin, einen Weg zu finden, der klimaschonend die effektivste Sanierung gewährleistet und gleichzeitig die Mieter im Wohnungsinneren so wenig wie möglich belastet

So wurde bei der Entwicklung des Heizkonzepts auf den Einbau einer Wärmepumpe verzichtet und stattdessen auf eine umweltfreundlichere Strom-Gas-Kombination zurückgegriffen, die über

ZWEI TIPPS FÜR BAUHERREN

- Energieeffiziente Sanierungsmöglichkeiten für die eigene Immobilie entwickeln: Welche intelligenten Heizkonzepte stehen zur Verfügung? Gibt es möglicherweise attraktive Hybridlösungen oder Heizkonzepte, die ohne fossiler Brennstoffe aus-
- Informieren über Förderungen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Es gibt Fördermöglichkeiten für KfW-85, -55 und -40-Sanierungsprojekte. KfW-Förderungsprogramme winken mit attraktiven Zinsen von bislang unter einem Prozent und Tilgungszuschüssen von bis zu 40 %.

die Installation einer PV-Anlage realisiert wurde. Eine Wärmepumpe hätte während ihres Einbaus entweder zu massiven Einschränkungen für die 14 aktiven Wohneinheiten geführt oder dafür gesorgt, dass die Bewohner auf unbestimmte Zeit hätten ausziehen müssen.

Neben der Installation von dreifachverglasten Kunststofffenstern und neuen Türen findet eine vollständige Neudämmung der Kellergeschossdecke und Fassade statt: Der Einsatz nachhaltiger sowie atmungsaktiver Werkstoffe führt so zum Erreichen des Energieeffizienzwertes von 22 kWh. Teil des Isolationskonzeptes stellt auch der Abriss, Neuaufbau und die Neueindeckung der gesamten Dachanlage dar

Die Finanzierung des Projekts, bei dem das Maximum an Energieeffizienz herausgeholt werden soll, wird mit dem KfW-Programm 261 gefördert. Der Quadratmeterpreis für das Projekt und die energetische Kernsanierung nach KFW 55 beläuft sich auf 5 400 bis 5 600 €, wovon durch die KfW-Förderung noch mal $400 \ \text{€/m}^2$ abgezogen werden können. Damit belaufen sich die Gesamtkosten des 902 m² großen Gebäudes auf etwa 1,2 Mio. €.

Herausforderungen

Kurzfristig und insbesondere aus Sicht von Immobilienbesitzenden lassen sich die geforderten Maßnahmen zur Energetischen Sanierung als Zwang betrachten. Die Kosten- und Aufwandspunkte, wie das Beispiel zeigt, gehen Hand in Hand mit sozialpolitischen Aspekten: Verfügen Großinvestoren in der Regel über das nötige Kapital, um die Sanierungsarbeiten durchzuführen, werden die Maßnahmen und die enormen Investitionskosten insbesondere Eigennutzern zu schaffen machen.

Neben dem finanziellen Aspekt steht ein weiterer großer Punkt zwischen politischen Maßnahmen und Immobilienbesitzern: die Umsetzung. Die Spätfolgen von Corona, Inflation sowie politische Krisen im Ausland führen noch immer zu starken Lieferengpässen und Rohstoffknappheit. Der Preis von Baumaterialien befindet sich aktuell auf dem Höchstpunkt. Die Nachfrage im Handwerk ist schon immens hoch und wird durch die EU-Vorschriften weiter steigen. Durch fehlende Fachkräfte entwickelt sich die Situation innerhalb der Handwerksbran-



für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

che zwangsläufig zu einem demografischen Problem: Die Nachfrage kann nicht gesättigt werden.

Erste Anreize zur Bewerkstelligung bieten die KfW-Förderungen zu einem günstigen Darlehen. Je mehr Immobilienbesitzer sanieren, desto höher fallen die Zuschüsse aus.

Der Mittelweg

Immobilienbesitzer und die EU-Richtlinien treffen sich in der Zukunft. Hier kann die Chance für alle Beteiligten erkannt werden, die auch das finanzielle Investment in den Klimaschutz wieder monetär rausholt. Politische Maßnahmen beziehen sich meistens auf ein langfristiges Outcome, sodass sanierte Immobilien in diesem Fall nicht nur energieeffizienter und damit umweltverträglicher sein werden, sondern dadurch auch an Wert gewinnen.

Die Klimakrise bewegt Mieter und Käufer von Immobilien ohnehin schon seit Jahren dazu, aus Kostengründen auf die Energieeffizienz des Gebäudes zu achten. Und aus Erfahrung lässt sich sagen, dass Objekte mit einer besonders guten Effizienzklasse in Deutschland noch immer Mangelware sind. Die Nachfrage übersteigt das Angebot - und hier treffen sich EU-Verordnung und Immobilienbesitzer in der Mitte.

Menschen, die Immobilien besitzen und weitervermieten, können die Sanierungskosten zu 8 % auch auf die Mietenden umlegen: bis maximal 2 €/m², wenn die Miete unter 7 €/m² lag, und maximal 3 €, wenn die Miete über 7 €/m² lag. Durch Mieterhöhungen gelingt es Anlegern, einen Teil der Kosten wiederzubekommen. Hiervon profitieren auch die Mietparteien langfristig. Zwar steigt der Anteil der Kaltmiete, doch die Nebenkosten der Warmmiete sinken durch die effiziente Umsanierung immens und schonen auf Dauer den Geldbeutel aller Beteiligten.

Appell an Gebäudebesitzer

Immobilien in schlechter Lage verkaufen! Mit der Pflicht zur Sanierung wartet im schlimmsten Fall ein Bewirtschaftungsverbot für Immobilienbesitzende, wenn diese die Immobilie nicht bis 2033 nach den EU-Vorschriften energetisch auf mindestens Energieeffizienzklasse D sanieren. Einmal ausgesprochen lassen sich Objekte für lange Zeit weder bewohnen noch weitervermieten, was im finanziellen Ruin enden kann.

Auch der Fachkräftemangel nimmt weiter zu; und gut ausgebildetes Personal aus dem Ausland kommt nicht so schnell nach, wie es die Nachfrage an renovierungsbedürftigen Immobilien erfordert. Daher heißt es: Jetzt genau Kalkulieren und die richtigen Maßnahmen treffen.

https://wbd-immo.de



Julian Bertlein Geschäftsführender Gesellschafter WBD Immo GmbH & Co. KG

info@wbd-immo.de Foto: WBD Immo

Technikwissen für Ingenieur*innen www.vdi-fachmedien.de



ARTIKEL-SPONSORING Ihr Beitrag auch auf www.umweltmagazin.de

In unserer Fachzeitschrift ist ein Beitrag von Ihnen erschienen? Oder wurde über Sie, Ihre Produkte und Systeme berichtet? Stellen Sie Ihren Fachbeitrag einem noch breiteren Publikum zur Verfügung und lassen Sie die hochkarätige Zielgruppe des Online-Portals von Ihrem Know-how profitieren.

- · Erweiterte Leserschaft: Ihr Beitrag erscheint öffentlich zugänglich auf www.umweltmagazin.de und ist somit für das breite Fachpublikum und auch für Nicht-Abonnent*innen erreichbar.
- · Große Reichweite: Ihr Beitrag wird zusätzlich auf der Startseite von www.umweltmagazin.de, dem reichweitenstärksten Ingenieurportal Deutschlands, ausgespielt. 1,3 Mio. Visits auf INGENIEUR.de pro Monat
- Der Artikel wird individuell nach Ihren Wünschen modifiziert oder ergänzt und um Logo und Kontaktdaten erweitert.











Hochtemperaturspeicher der Berliner Firma Lumenion sollen als Puffer zwischen Energiequellen und Energieverbrauch dienen. Grafik: Lumenion

Hochtemperaturspeicher für die Wärmewende

Eine Berliner Firma hat Energiespeicher im Portfolio, die es auch Mittelständlern erlauben, erneuerbare Wärme, gespeist aus erneuerbarem Strom, rund um die Uhr zu nutzen.

Der Kern dieser Hochtemperaturspeicher besteht aus Stahl.

Peter Kordt

ie Energiewende ist eine der größten Herausforderungen für Industrie und Wirtschaft. Spätestens seit dem Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), das nun nach der Sommerpause seine finalen Verhandlungen im Bundestag findet, ist auch privaten Haushalten klar

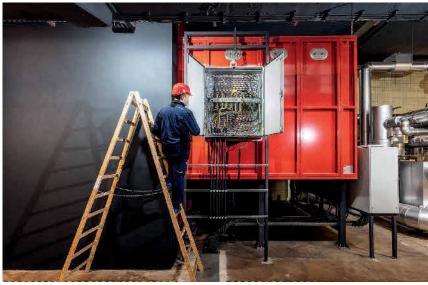
geworden, dass die Energiewende eher heute als morgen stattfindet.

Die Bundesregierung hat das klare Ziel formuliert, dass Deutschland bis 2045 klimaneutral werden soll. Dabei stehen besonders die Industrie und das produzierende Gewerbe unter Druck, ihren CO₂-Fußabdruck vor allem ihrer Energieversorgung zu verkleinern. Schließlich entfal-

len zwei Drittel des Endenergieverbrauchs auf die Wirtschaft. Dafür bedarf es neuartiger Technologien, die nachhaltig sind und eine sichere und zuverlässige Energieversorgung gewährleisten. Wind- oder Solarenergie sind zwar klimafreundlich, jedoch nicht immer verfügbar.

Ein wichtiger Hebel ist die Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme, zu





Einen Hochtemperaturspeicher von Lumenion nutzt der schwedische Energiekonzern Vattenfall, um am Bottroper Weg in Berlin-Tegel Stromspitzen für die Nahwärmeversorgung einzusetzen. Foto: Lumenion

deren Erzeugung bislang zumeist Erdgas verwendet wird. Prozesswärme aus Erdgas hat aktuell zwei Nachteile: Das Gas ist zuletzt deutlich teurer geworden und die Versorgungssicherheit ist nicht mehr voll gewährleistet.

Die Alternative, Prozesswärme aus erneuerbaren Energien zu erzeugen, steht dabei vor der gleichen Herausforderung wie die Erneuerbaren selbst: stete Verfügbarkeit zu gewährleisten.

Eine Lösung kann der Einsatz von Hochtemperaturspeichern sein. Diese Speicher machen Wind- und Solarenergie rund um die Uhr nutzbar, indem sie in den Überschussphasen der Energiegewinnung aufgeladen werden und die gespeicherte Wärme bedarfsgerecht zur Verfügung stellen.

Bis zu 600 °C heißer Stahl

Der von Wind- und Solarkraft erzeugte Strom wird vom Speicher in Prozesswärme umgewandelt. Dazu wird der Strom über eine Widerstandsheizung geleitet, die elektrische Energie nahezu verlustfrei in thermische Energie umwandelt. Diese thermische Energie wird im Speicher in einem Primärzyklus über Heißluft verteilt, die einen Stahlkern als Speicher auf bis zu 600 °C aufheizt.

Die Lumenion GmbH aus Berlin, ein Tochterunternehmen der ClimateTech-Holding econnext AG mit Sitz in Frankfurt am Main, stellt solche Hochtemperaturspeicher her. Die Besonderheit des Speichers von Lumenion ist deren "Thermal Energy Storage"-Technik, die im Vergleich zu anderen Hochtemperaturspeichern einen Stahlkern als Speichermedium nutzt.

Stahl zu verwenden, hat gegenüber anderen Speichermedien wie geschmolzenen Salzen oder Feststoffen wie Beton viele Vorteile. Wann immer Energie benötigt wird, kann der Entladeprozess eingeleitet werden: Die gespeicherte Wärme gelangt dann über denselben Kreislauf zu einem Wärmetauscher, der Prozesswärme oder Prozessdampf für eine beliebige Anwendung erzeugt.

Das geschieht im Idealfall einmal pro Tag. Da Lade- und Entladeprozesse parallel laufen können, kann der Speicher flexibel und abhängig vom tagesaktuellen Energiebedarf geladen werden. Es ist also möglich, den Speicher innerhalb von vier bis sechs Stunden vollständig aufzuladen und Energie zeitgleich ein- und auszuspeichern.

Speichermedium Stahl

Die Größenordnungen reichen dabei von 0,2 bis 20 MW thermischer Leistung und darüber hinaus. Die Hochtemperaturspeicher von Lumenion sind für alle industriellen Anwendungen geeignet, die Prozessdampf, Prozesswärme oder Thermoöl mit Temperaturen zwischen 120 und 450 °C benötigen sowie ein hohes Maß an Versorgungssicherheit erfordern. Als Speichermedium eignet sich Stahl auch deshalb gut, da er weltweit und ohne lange Transportwege verfügbar ist.

In Zeiten unsicherer Lieferketten ist dies ein Vorteil, der im Gesamtkontext zudem deutlich weniger CO₂-Emissionen mit sich bringt.

Darüber hinaus hat Stahl eine hohe Energiedichte und eine hohe nutzbare Temperaturdifferenz von mehreren hundert Grad Celsius. Dadurch kann viel



Grafische Darstellung des Berliner Hochtemperaturspeichers, der grünen Strom als Prozesswärme für die Industrie nutzbar macht. *Grafik: Lumenion*

Energie auf wenig Raum gespeichert werden. Darüber hinaus kann für den Speicher sogar Recycling-Stahl genutzt werden, was den gesamten CO₂-Fußabdruck zusätzlich verkleinert.

Der Stahlkern selbst benötigt zudem keine Wartung und kann jahrzehntelang ohne Degradation genutzt werden. Lediglich Lüfter, Heizelemente und andere Systemkomponenten müssen nach Industriestandards gewartet werden.

Grundsätzlich gilt: Je öfter der Speicher zum Einsatz kommt und be- und entladen wird, desto geringer werden die Speicherkosten und damit die erzielten Wärme- und Strompreise, die der Speicher ermöglicht. Am Ende der Lebenszeit des Speichers kann der Stahlkern zu guter Letzt noch als wertvoller Rohstoff verkauft und ebenfalls recycelt werden.

Praxiserfahrung

Bevor ein Hochtemperaturspeicher zum Einsatz kommen kann, muss eine Machbarkeitsprüfung vor Ort vorgenommen werden. Dabei werden der thermische und elektrische Energiebedarf der vorhandenen Anlagen bestimmt sowie Möglichkeiten zum Bau oder Ausbau erneuerbarer Stromquellen vor Ort analysiert

Ein erster Kunde von Lumenion hat etwa ein 25 x 20 x 7 m großes Speichersystem mit einer Speicherkapazität von 20 MWh beauftragt, das im Jahr 2024 in Betrieb gehen soll. Angeschlossen wird der Speicher sowohl an das Netz als auch an eine vorhandene Photovoltaik (PV)-Anlage. Die Installation des Speichers wurde direkt vor Ort vorgenommen.

Auch im Fernwärmenetz lassen sich die Speicher effizient einsetzen. Gemeinsam mit dem Energielieferanten Vattenfall startete 2020 das erste kommerzielle Projekt für die Energieversorgung von Privathaushalten. In Berlin werden durch die Anlage am Bottroper Weg mit einer Speicherkapazität von rund 2,4 MWh schon heute bis zu 400 Wohnungen mithilfe eines solchen Speichers mit erneuerbarer Wärme versorgt.

Kosteneffekte

Die Frage bleibt, ob sich ein solcher Speicher auch rechnet. Die kurze Antwort darauf lautet, es lohnt sich. Denn auch angesichts der Preisschwankungen im Energiemarkt stellen Hochtemperaturspeicher eine attraktive Lösung in Sachen Planbarkeit, Optimierung und Kostensenkung dar. So ermöglicht ein Hochtemperaturspeicher von Lumenion eine Rund-umdie-Uhr-Wärmeversorgung mit Preisen von unter 60 €/MWh.

Mit Blick auf die flächendeckende Einführung eines CO₂-Preises auch in der Industrie, sollten sich diese positiven Kosteneffekte noch verstärken. Der tatsächliche Preis wird von diversen Faktoren beeinflusst: Die Speicherkapazität und Anzahl der Ladezyklen haben genauso Auswirkungen auf die Kosten wie auch der Strompreis, der gezahlt wird, wenn Unternehmen den Speicher laden.

Politische Voraussetzungen

Hochtemperaturspeicher sind ein zentraler Baustein für eine Transformation hin zu einer grünen und gleichzeitig zuverlässigen Energie- und Wärmeversorgung. Die politischen Entscheidungsträger sind dabei gefragt, bürokratische Hürden abzubauen, Anreize für Investitionen in nachhaltige Technologien zu schaffen sowie gleichzeitig nicht-nachhaltige Geschäftsmodelle unattraktiver werden zu lassen. Dafür muss sie die Bedeutung von Hochtemperaturspeichern für die Dekarbonisierung anerkennen, etwa innerhalb der Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), und das öffentliche Bewusstsein für die Schlüsseltechnologie stärken.

Unternehmen selbst sollten die Wärmewende als Chance begreifen, vorhandene Flächen neu zu nutzen und die Wärmegewinnung zu defossilisieren. In Kombination mit einer eigenen PV-Anlage wird ein Hochtemperaturspeicher noch kosteneffizienter. Neben der Dekarbonisierung können Unabhängigkeit von Energieversorgern und Versorgungssicherheit bei stabilen Preisen geschaffen werden.

Um dies allen Kunden unkompliziert zu ermöglichen, ist Lumenion Teil eines Netzwerkes, das kombinierte Wärme und Strom als Modell "as a Service" anbietet, bei denen die Kunden zum Beispiel einfach einen Preis pro Kilowattstunde für ihre Wärme und ihren Strom zahlen und nicht selbst in die Anlagen investieren

Unbestritten gehört den grünen Technologien die Zukunft. Weiterhin muss ihnen noch der Weg freigeräumt werden. Dafür steht auch die econnext AG, die als ClimateTech-Holding in Lumenion und weitere grüne Scale-Ups investiert hat, um entsprechenden Technologien den Weg zu ebnen.

https://lumenion.com



Peter Kordt
Geschäftsführer
Lumenion
info@lumenion.com

Foto: Lumenion

Schematische Darstellung der Arbeitsschritte. Zuerst wird ein Rotorblatt abgebaut und dann vor Ort repariert. Grafia: CNC Onsite

Wurzelreparatur in Windparks

Ein dänisches und ein niederländisches Unternehmen haben ein Verfahren entwickelt, um defekte Rotorblattwurzeln direkt in Windparks zu reparieren. Aus Dänemark kommt die dafür notwendige Maschine, aus den Niederlanden kommen das technische Wissen, die Blattwurzel-Einsatz-Komponenten und die Umsetzungserfahrung.

Søren Kellenberger & Edo Kuipers

chäden an Rotorblattwurzeln älterer Windkraftanlagen konnten bisher nur beim Hersteller repariert werden. Dies hat jeweils eine teure Logistik und lange Ausfallzeiten zur Folge. Betreiber hatten daher oft keine andere Wahl, als ein neues Blatt zu kaufen oder die gesamte Anlage zu verschrotten. Mit seiner neuen mobilen Maschine, die für den effizienten Aus-

tausch beschädigter Einsätze in den Blattwurzeln entwickelt wurde, bietet das dänische Unternehmen CNC Onsite aus Vejle als erstes Unternehmen weltweit wirtschaftliche Präzisionsreparaturen an, die vor Ort im Windpark durchgeführt werden.

Hierdurch werden erhebliche direkte und indirekte Kosten vermieden und die Lebensdauer der Anlage wird verlängert. Auch in Deutschland ist diese Methode der Vor-Ort-Reparatur relevant. Denn ein großer Bestand älterer Windkraftanlagen erfordert solche Reparaturen.

Schwachstelle Gewinde

Rotorblätter müssen mit der Rotornabe verbunden werden. Dazu werden während der Herstellung eines 50 m Rotorblatts etwa 80 Gewindeeinsätze von einer Länge von jeweils 0,4 m eingearbeitet.



Die Wurzel eines Rotorblatts (re.) mit beschädigten Einsätzen wird zur Vorbereitung des Einbaus neuer Einsätze mit der Präzisionsbearbeitungsmaschine von CNC Onsite (Ii.) ausgebohrt. Foto: CNC Onsite

Mit ihnen werden die Blätter an die Rotornabe fixiert. Sie können sich aber mit der Zeit lockern. Hierfür gibt es mehrere Ursachen.

Die Erfahrung zeigt, dass die Reservefaktoren der Blattwurzeln immer näher an den Wert 1 herankommen. Dies heißt, bei Überlast, Material- oder Prozessversagen gibt es kaum noch eine Toleranz. Während Hersteller früher mit hohen Reservefaktoren die Gewinde konstruierten, sinken diese nun, um die Blätter wirtschaftlicher herzustellen. Infolgedessen steigt das Risiko der Abnutzung.

Früher wurden Rotorblätter eher konservativ und mit höheren Sicherheitsfaktoren ausgelegt. Heute nähern sich die Ingenieure dem Grenzwert, zum einen, weil sie über bessere Konstruktionswerkzeuge verfügen, und zum anderen, um die Kosten für die Materialoptimierung bei diesen großen Strukturen zu senken.

Am deutlichsten zeigt sich dies daran, dass der Teilkreisdurchmesser, der "pitch circle diameter" (PCD), der Rotorblätter im Vergleich zur größer werdenden Blattlänge und dem zunehmenden Massenmoment der Blätter relativ kleiner geworden ist. Wo früher ein 25-m-Blatt mit einem PCD von 1,8 m konstruiert wurde, wird heute ein 50-m-Blatt mit einem PCD von 2 m konstruiert.

Polyesterharz schrumpft

Die zweite Hauptursache ist, dass Polyester als Harz für die Befestigung der Einsätze verwendet wird. Dieses Harz ist anfälliger für das Schrumpfen als beispielsweise Epoxidharze. Dieser Effekt verstärkt sich, werden größere Harzmengen etwa an Stellen mit geschlossener Kammer verwendet, wie zwischen dem unidirektionalen Stab (bezogen auf die dafür verwendete Faserrichtung des Glaslaminates) und der Buchse, im Vergleich zu Stellen mit einer dünnen Polyesterharzschicht, wie zwischen Wurzellaminat Buchse. Eine ungleichmäßige Schrumpfung kann dann von vorn herein zu Mikrorissen führen und einer daraus resultierenden Verringerung der Klebefläche der Buchse.

Ein dritter Punkt kann die Wahl von minderwertigen Materialien bei der Herstellung sein. Jedes Versagen ist erfahrungsgemäß meist auf eine Kombination der genannten Punkte zurückzuführen.

Um die Wahrscheinlichkeit eines solchen Versagens zu verringern, hat die niederländische Firma We4Ce aus Almelo, einem Experten für Rotorblätter und Blattwurzel-Verbindungen, einen speziellen Blattwurzel-Einsatz entwickelt, der nicht nur für Neublätter, sondern auch für ältere Blätter im Rahmen eines Reparaturverfahrens verwendet werden kann und eine sehr starke mechanische Verriegelung ermöglicht.

Außerdem verwendet We4Ce kein Polyesterharz mehr, auch wenn sich dieses in den letzten zehn Jahren verbessert hat, sondern gießt ein epoxidartiges Harz mit einer speziellen Technik rundum die Buchse. Diese Änderungen im Design und in der Technik können die Verbindung

zwischen Blatt und Nabe stabilisieren, sodass das Blatt seine ursprünglich vorgesehene Lebensdauer erreichen kann.

Bei älteren Blättern können sich mit der Zeit Mikrorisse im Laminat bilden. Sie können etwa aufgrund von Polymerschrumpfung auftreten, die auftreten können, wenn Diskrepanzen zwischen den Volumenniveaus des Harzes, das zwischen den vorgefertigten Verbundkomponenten und den Gewindeeinsätzen verwendet wird, und dem Volumen, das zwischen dem Wurzellaminat und den Gewindeeinsätzen verwendet wird, bestehen.

In diese Risse dringen Verunreinigungen wie Fett und Hydrauliköl ein und schwächen dadurch die Verbindung. Dies gefährdet letztlich die strukturelle Sicherheit der Blattwurzel, da insbesondere bei hoher Belastung das Material ermüdet. Im schlimmsten Fall kann dies zum Abreißen des Rotorblattes führen.

Wurzeln vor Ort reparieren

Bei der Methode, die die CNC Onsite und We4Ce gemeinsam entwickelt haben, wird erst das Rotorblatt demontiert, bevor es in einer Reparatur-Umgebung im Windpark platziert wird. Die mobile automatische Bearbeitungsmaschine wird am Blatt ausgerichtet und bohrt die fehlerhaften Einsätze aus dem Verbundwerkstoff heraus. Um sicherzustellen, dass der Hohlraum genau dem Durchmesser und der Form des Ersatzteils entspricht, wird ein weiterer präziser Bohrvorgang durchgeführt, damit das neue Teil präzis eingesetzt und anschließend mit Epoxid-Harz befestigt werden kann.

Diese Reparatur der Blattwurzel-Einsätze ist ein komplexer Vorgang. Die Fachleute vor Ort müssen mehrere Prozessparameter gleichzeitig steuern können, um sicherzustellen, dass das Blatt nicht noch weiter beschädigt wird. Und es ist wichtig, genau in der Mitte der vorhandenen Einsätze zu bohren.

Diese neue Maschine hat CNC Onsite als Antwort auf die Bedürfnisse von Betreibern entwickelt, die eine Vor-Ort-Reparaturlösung suchten. Sie profitierte von einer bewährten gesteuerten Maschinentechnik der CNC Onsite, mit der Reparaturen am Drehkranz der Windrichtungsnachführung und an den Turmflanschen unter Einhaltung feinster Toleranzen im Mikrometerbereich durchgeführt werden können. Bei jeder Handhabung und jedem Transport besteht außerdem die Gefahr,

dass die Blattstruktur beschädigt wird. Daher ist eine Reparatur vor Ort durchaus sinnvoll, vorausgesetzt, sie kann in der erforderlichen Qualität durchgeführt werden, was mit dem Verfahren von CNC Onsite möglich ist.

Lebensdauer verlängern

Die Energiewende hin zu mehr Ökostrom bedeutet nicht nur, dass die Hersteller von Rotorblättern mit der Herstellung neuer Blätter ausgelastet sind. Frühere Rotorblattmodelle sind oft bereits nach fünf bis zehn Jahren ausgelaufen.

Dies bedeutet, dass die Form für Ersatzanfertigungen neu hergestellt werden muss. Als eine der empfindlichsten Komponenten einer Windkraftanlage sind die Blätter auch die teuersten Bauteile, die etwa 25 bis 30 % der Baukosten ausmachen.

Der Austausch von Blättern bei älteren Windkraftanlagen ist oft nicht wirtschaftlich. Der Betreiber kann beschließen, die Anlage mit verminderter Leistung weiterlaufen zu lassen oder sie sogar stillzulegen. Dabei ist die Aufrechterhaltung eines möglichst optimalen Betriebs der Windkraftanlagen wichtig, um die Ziele für erneuerbare Energien zu erreichen. Die Reparaturlösung von CNC Onsite kann eine wichtige Rolle bei der Verlängerung der Lebensdauer bestehender Windenergieanlage spielen.

CNC Onsite hat sich im Jahr 2021 für eine Partnerschaft mit dem niederländischen Unternehmen We4Ce zusammengetan, um eine komplette Reparaturlösung mit Schwerpunkt auf hochfesten Blattwurzeln anzubieten.

Der schwierigste Teil des Austauschs eines Gewindeeinsatzes ist das Zentrieren des Ersatzteils und die Infusion. Die Firma We4Ce hat dazu Buchsen mit einem Design entwickelt, das die Positionierung und Infusion des neuen Bauteils vereinfacht. Diese Komplettlösung bietet eine starke Verbindung zwischen dem Einsatz und dem Blatt.

Die Komplettlösung

Diese Lösung erspart einmal den Schwertransport eines Rotorblatts, der allein für eine kurze Strecke 10 000 € kosten kann. Durch sie fallen auch die Zeit für die Planung und Genehmigung weg sowie die Kosten für die Ausfallzeit. Die genauen Kosten für den energieeffizienten



Während der Reparaturarbeiten bietet sich zwischendurch oft – wie hier auf einer Windkraftanlage in Dänemark – ein schöner Ausblick. Foto: CNC Onsite

Reparaturservice von CNC Onsite variieren, abhängig von der Anzahl der zu reparierenden Rotorblätter, der Entfernung zum Standort und der Schulung der Techniker des Kunden, falls erforderlich, neben anderen Faktoren, aber sie sind immer viel günstiger als Standardreparaturmethoden.

Seit Herbst 2023, also seitdem beide Firmen diese Reparatur vor Ort anbieten, haben die Rückmeldungen gezeigt, dass dies die erste Vor-Ort-Methode ist, die für alle Blattgrößen verfügbar ist. Die Reparaturlösung wird sowohl in einer halbautomatischen als auch in einer automatischen Ausführung angeboten. Im Allgemeinen ist die halbautomatische Lösung vorzuziehen, wenn das Blatt weniger als 20 % lose Einsätze aufweist.

Sind mehr als 50 % der Einsätze lose, ist die automatische Ausführung vorzuziehen. Die Standortbedingungen, das Layout des Standorts, die Gesamtzahl der zu reparierenden Blätter, unter anderem, haben jedoch ebenfalls Einfluss darauf, welche Lösung die beste ist. Daher ist ein enger Dialog mit dem Kunden, um die optimale Lösung zu finden, sehr wichtig und ein integrierter Bestandteil des Prozesses.

Die neue Rotorblattreparatur dauert meist vier bis zehn Tage und hängt vor allem von der Anzahl der fehlerhaften Einsätze ab.

Die effiziente Reparatur von Windenergieanlagen ist ein zunehmend wichtiger Bestandteil der Energiewende. Probleme mit Gewinde-Einsätzen werden in der Regel bei der Wartung festgestellt und treten meist bei Anlagen auf, die älter als sieben bis zehn Jahre sind.

In Zukunft ist die Bestrebung, Anzeichen dafür, dass sich der Einsatz lösen könnte, frühzeitig zu erkennen. Zu den Konzepten gehört die Zusammenarbeit mit spezialisierten Unternehmen, die mithilfe von Sensoren Millimeterlücken in den Einsätzen messen, um beispielsweise eine Verschiebung zwischen Blatt und Blattlager zu messen.

Solche Inspektionen könnten künftig als Full-Service-Lösung angeboten werden, die frühe Anzeichen von Schäden erkennt und ein frühzeitiges Eingreifen ermöglicht.

www.cnconsite.dk & www.we4ce.eu



Søren Kellenberger Verkaufsleiter CNC Onsite ssk@cnconsite.dk



Edo Kuipers

Gründer & technischer Leiter We4Ce
e.kuipers@we4ce.eu

Foto: We4Ce



Der Teleskoplader T 60-9s aus Österreich kann wie hier auf einer asphaltierten Straße bis zu 40 km/h fahren. *Foto: Liebherr*

b im Baugewerbe, in der Industrie oder der Landwirtschaft: Liebherr-Teleskoplader, gebaut im österreichischen Telfs im Rahmen einer Partnerschaft mit dem deutschen Landmaschinenhersteller Claas aus Harsewinkel haben in den unterschiedlichsten Einsatzbereichen ihren fixen Platz. Kundinnen und Kunden aus aller Welt schätzen die hohe Mobilität, die leistungsstarke Arbeitshydraulik und den hervorragenden Fahrerkomfort. In unwegsamen Geländen und abseits befestigter Straßen können die Teleskoplader ihre Stärken ausspielen: Ausgezeichnete Manövrierfähigkeit auf jedem Untergrund, sicheres Erreichen von Arbeitshöhen bis zu 10 m sowie ein einfaches Bedien- und Wartungskonzept prädestinieren die Teleskoplader als multifunktionale Fahrzeuge.

Alternativer Kraftstoff HVO

Einen immer wichtigeren Platz nimmt bei Liebherr hydriertes Pflanzenöl als nachhaltiger, synthetischer Kraftstoff HVO ein. Dieses "Hydrogenated Vegetable Oil" (HVO) ist der erste kommerziell erwerbbare Kraftstoff, mit dem die Liebherr-Verbrennungsmotoren nahezu klimaneutral betrieben werden können. Wird Diesel durch diesen Kraftstoff ersetzt, senkt dies drastisch Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen.

Liebherr-Teleskoplader können ohne Umrüstung von Motorkomponenten mit HVO betrieben werden. Die Vorteile eines klima- und umweltfreundlicheren Kraftstoffs können so voll ausgeschöpft werden, ohne Abstriche bei Effizienz und Leistung machen zu müssen. Auch die maximale Hubkraft sowie eine präzise Steuerung und ein reibungsloser Betrieb bleiben erhalten, während gleichzeitig der ökologische Fußabdruck reduziert wird.

Mit der nun verfügbaren neuen EVO-Stufe hat Liebherr die Kompetenzen der Teleskoplader weiter ausgebaut. Ein besonderes Highlight sind die neuen Assistenzfunktionen: "EcoMotion" und "MultiMotion".

Teleskoplader: innovativ, effizient & nachhaltig

Der österreichische Baumaschinenhersteller Liebherr bietet nicht nur multifunktionale Teleskoplader an, sondern legt auch einen Fokus auf Nachhaltigkeit und alternative Kraftstoffe. Er setzt damit in dieser Branche neue Maßstäbe in puncto Effizienz und zukunftsweisende Techniken.

Lisa Kahlig

Neue Assistenzsysteme

Die Assistenzfunktion EcoMotion ermöglicht den Teleskoparm lastfrei zu senken, ohne dass die Drehzahl des Dieselmotors erhöht werden muss. Gleichzeitig bietet diese Funktion einen erhöhten Komfort und ermöglicht darüber hinaus effizientere Arbeitsbewegungen, da der Teleskoparm schneller und gleichmäßiger abgesenkt werden kann.

Ein Novum bei den drei Teleskopladern T 46-7s, T 55-7s und T 60-9s ist die MultiMotion-Funktion. Dabei wird der Teleskoparm beim Absenken vollautomatisch proportional zur Arbeitsbewegung eingefahren, ohne dass diese Funktion manuell nachgeriegelt werden muss. Gleichzeitig steht weiterhin die direkte lastunabhängige Steuerbarkeit aller Funktionen mit dem Multifunktions-Joystick zur Verfügung.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Steigerung der Zuverlässigkeit: Überlastungen in der Hydraulik beim Absenken der Last werden automatisch verhindert. Das spart Zeit und minimiert das Risiko von Schäden an der Maschine oder dem Anbaugerät.

Somit macht der Liebherr unter den Teleskopladern einen weiteren bedeutenden Schritt in Richtung höhere Funktionalität und verbesserte Effizienz und ist damit das perfekte Gerät sowohl für überzeugte Liebherr-Fans als auch für alle, die nach einer produktiven und nachhaltigen Maschine suchen.

www.liebherr.com



Mag.

Lisa Kahlig

Marketing Managerin PR & Presse
Liebherr-Werk Telfs GmbH

lisa.kahlig@liebherr.com

Foto: Liebherr



Traktionsbatterien sinnvoll recyceln

Forschende in Baden-Württemberg haben Wege gefunden, die zunehmende Zahl gebrauchter Autobatterien aus E-Fahrzeugen sinnvoll und wirtschaftlich wiederzuverwerten. Lösungen reichen vom Entwurf neuer Geschäftsmodelle über die Entwicklung eines passenden Batteriedesigns bis hin zur Handhabung der Komponenten mit Robotern.

Sabri Baazouzi, Anwar Al Assadi & Julian Grimm

m März 2023 haben das Europäische Parlament und der Umweltrat der EU-Staaten das Verbrenner-Aus für neue Pkws von 2035 an besiegelt: Zwar dürfen neue Pkw dann noch synthetische Kraftstoffe tanken, doch die Zukunft der Automobilbranche liegt in der Elektromobilität. Und die Zahl der Elektroautos auf den Straßen Deutschlands nimmt zu.

Weil Batteriesysteme jedoch nur eine durchschnittliche Lebensdauer von etwa zehn Jahren haben, wächst der Berg an ausgedienten Batterien und damit das Problem der Entsorgung und des Recyclings der elektrischen Komponenten.

Nicht nur das: Die diesjährige Automobilmesse in Shanghai hat gezeigt, dass der Umstieg zum Elektroauto auch die Verhältnisse auf dem weltweiten Automarkt verändert. Hersteller in Deutschland können nicht ohne weiteres an ihre bisherige Führungsrolle anknüpfen.

"Entscheidende Faktoren, um im Wettbewerb bestehen zu können, sind die Verfügbarkeit und Kosten der Rohstoffe, die für Batterien und E-Motoren nötig sind", erklärt Prof. Alexander Sauer. Für den Leiter sowohl des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart sowie auch des Projekts ist es daher umso wichtiger, ausgediente Batterien, die noch wertvolle Rohstoffe enthalten, nicht wie bisher zu schreddern.



Im Projekt "DeMoBat" sind neue Werkzeuge wie dieser Kleinteilegreifer für die automatisierte Demontage von Autobatterien entstanden. Foto: Fraunhofer IPA/Rainer Bez

Ein Dutzend Partner

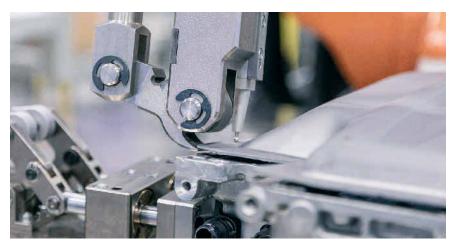
Die Grundvoraussetzung, um Batteriekomponenten wiederverwenden zu können, ist, die Bestandteile einer Batterie sortenrein zu demontieren. Daran arbeiteten von Ende 2019 an bis Ende April 2023 zwölf Forschungspartner im badenwürttembergischen Projekt "Industrielle Demontage von Batteriemodulen und E-Motoren", kurz DeMoBat (s. Kasten).

Sie entwickelten neue Konzepte und Technologien, um die elektrischen Komponenten so zu handhaben und aufzubereiten, dass möglichst wenig Abfall entsteht und wenig verwendete Rohstoffe verloren gehen. Förderung erhielt das Projekt vom baden-württembergischen Umweltministerium.

Zirkuläre Wertschöpfung

Um die übergeordneten Projektziele, nämlich mehr Nachhaltigkeit im Umfeld der Elektromobilität, die Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe und die

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Das Werkzeug "Knacker" kann Klebeverbindungen bei Batterien lösen. Foto: Fraunhofer IPA/Rainer Bez

Stärkung des Wirtschaftsstandorts Baden-Württemberg und Deutschlands, zu erreichen, bedurfte es eines ganzheitlichen Ansatzes. Im Projekt wurden daher zunächst die rechtlichen Rahmenbedingungen untersucht. Hinzu kam eine Analyse der Marktpotenziale und Rücklaufmengen von Autobatterien. Daraus leiteten die Projektpartner mögliche Geschäftsmodelle ab und bewerteten diese.

Ein neu entwickeltes Life-Cycle-Datenmanagement ergänzte die Arbeiten, ebenso wie eine Kostenanalyse von Demontage- und Recyclingnetzwerken bis in das Jahr 2050. Im Rahmen der Konzepterstellung für das Life-Cycle-Datenmanagement wurden insgesamt neun Fallbeispiele unterschiedlicher Geschäftsmodelle für Second-Life-Batterien ausgewählt.

Eines dieser Geschäftsmodelle beschreibt das kollaborative Arbeiten von Fahrzeugherstellern mit jenen Unternehmen, die Energiespeicher herstellen. Es handelt sich folglich um eine Umnutzung der Batteriesysteme nach ihrem Einsatz im Fahrzeug. Die Kollaboration erfolgt dabei dadurch, dass bestimmtes Expertenwissen über den Zustand der Batteriesysteme geteilt wird.

Design: demontagegerecht

Ein wichtiger Aspekt für die industrielle Demontage ist, Batterien so zu gestalten, dass sie manuell oder roboterbasiert reparier- beziehungsweise demontierbar sind. Eine Schwierigkeit dabei sind die zahlreichen unterschiedlichen Batteriemodelle der verschiedenen Automarken und -modelle, deren Bauweise aktuell noch ungünstig für ein Recycling oder alternative Kreislaufwirtschaftsstrategien ist. Ein Ergebnis des Projekts ist ein Leit-

DAS DEMOBAT-PROJEKT

Das baden-württembergische Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft hat das Projekt DeMoBat von Dezember 2019 bis April 2023 mit rund 13 Mio. € gefördert. An dem Projekt waren acht Unternehmen und vier Forschungsinstitute beteiligt.

Die sieben Wirtschaftspartner: aus Baden-Württemberg die acp systems AG aus Zimmern ob Rottweil, die CTC battery technology GmbH aus Böblingen, die Greenlng GmbH & Co. KG aus Leutingen und die Mercedes Benz AG aus Stuttgart sowie aus Sachsen die Erlos GmbH aus Zwickau und die Silberland Sondermaschinenbau GmbH aus Thum sowie aus Bayern die Siemens AG aus München.

Die vier Forschungspartner: aus Baden-Württemberg die Hochschule Esslingen und das wbk Institut für Industrietechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), aus Niedersachsen das Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum (Cutec) sowie aus Brandenburg das Fachgebiet Physikalische Chemie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (RTU)

faden für ein recycelfreudiges Design. Dieser beschreibt beispielsweise, dass Verbindungen, die auf dem Verschweißen oder dem Umformen von zu fügenden Blechen beruhen, nicht demontagegerecht sind. Zum Lösen der Verbindung muss entweder die Verbindung beispielsweise

durch das Abfräsen der Verbindungsstelle oder Aufbiegen der Bleche zerstört werden oder es muss eine Geometrie vorgesehen werden, die ein Abtrennen der Verbindung ermöglicht. Das kann beispielsweise eine Sollbruchstelle oder eine Bauteilverjüngung sein.

Die Verbindungsmöglichkeiten Ineinanderschieben, federnd Einspreizen, Schrauben, Klemmen, Verspannen und Nieten hingegen werden im Leitfaden mit ihren unterschiedlichen Vor- und Nachteilen als demontagegerecht bewertet. Die demontagegerechte Batterie wurde zudem prototypisch aufgebaut und umfangreich untersucht. Es ist auch möglich, diese virtuell zu besichtigen.

Testen & handhaben

Zu Beginn des Recyclings müssen die Batterien auf die noch vorhandene Kapazität und Alterserscheinungen getestet werden. Dann folgen Tests der Handhabung, das heißt, wie sich die Batterien öffnen lassen und Komponenten entnommen werden können.

Dafür wurde im Projekt DeMoBat ein roboterbasierter Demonstrator entwickelt. Zudem wurden Werkzeuge konstruiert, die beispielsweise Objekte greifen und Schrauben oder andere Verbindungen lösen können. Beispielsweise wurde zum Öffnen von Klebeverbindungen zwischen Ober- und Unterschale einer Batterie das Werkzeug namens "Knacker" entwickelt. Damit diese Werkzeuge zuverlässig und autonom funktionieren, bedarf es einer leistungsstarken Bildverarbeitung, die eine Vielzahl an Schrauben, Kabeln und so weiter erkennen können muss. Hinzu kommt, dass die Komponenten beispielsweise durch Alterungseffekte nicht immer gut erkennbar sind.

Im DeMoBat-Projekt wurden insgesamt 25 Technologien konzeptioniert und getestet, von denen acht vollumfänglich als Demonstrations- und Erprobungsroboterwerkzeuge aufgebaut wurden und für den industriellen Dauerbetrieb einsetzbar wären.

Zudem wurde ein flexibles Demontagesystem entwickelt, das eine zerstörungsfreie Demontage bis auf Zellebene abbilden kann. Ein wichtiger Bestandteil des flexiblen Demontagesystems ist das Sicherheitskonzept, bei dem die Temperatur als möglicher Indikator einer Kettenreaktion genutzt wird, sollte eine Batterie in Brand geraten.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschleßfich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Flexibel demontieren

Für die automatisierte Demontage von Batterien ist nicht nur die Hardware entscheidend, sondern auch die passende Software beziehungsweise Programmierung der Roboter. Hier legten die Projektpartner besonderen Wert darauf, dass dies mit möglichst wenig Aufwand einhergeht.

Je nachdem, ob "Computer Aided Design"-Dateien, auch CAD-Daten genannt, die Produktgeometrie beschreiben, vorliegen und genutzt werden können oder nicht, gibt es zwei mögliche Programmierverfahren.

- Fachleute am Fraunhofer IPA haben ein Verfahren entwickelt, mit dem die automatisierte Demontage bei vorhandenen CAD-Daten simuliert und daraus ein Demontageplan erstellt werden kann. In diesem sind die entsprechenden Werkzeuge zugeordnet. Erfolgreiche Ablaufmuster werden im nächsten Schritt direkt in ein Roboterprogramm in der entsprechenden Programmiersprache transferiert, sodass der Roboter die Ablaufmuster ausführen kann.
- Liegen keine CAD-Daten vor, kann mithilfe eines "Wizards" ein Roboterprogramm erstellt werden. Ein Wizard ist eine Eingabehilfe, die Benutzende schrittweise durch die Parametrisierung des Ablaufs führt. Weil die Roboterzelle selbst nur eingeschränkt einsehbar ist, kommt hierfür eine spezielle Kameratechnik zum Einsatz. Mit diesem Verfahren lassen sich neue Varianten schnell und effektiv online einrichten. Zudem bietet der Wizard eine automatisch erstellte Sicherheitsbeurteilung zur Inbetriebnahme.

Rohstoffe wiedergewinnen

Die Projektpartner strebten zudem an, einen effizienten Wertschöpfungskreislauf zu etablieren. Dieser soll durch mechanische Trennung und Rückführung der im Batteriepack enthaltenen Bestandteile beginnen. Das eingesetzte wasserbasierte Recycling ist eine neuartige Form der direkten Wiedergewinnung von Schwarzmasse, einem Granulatgemisch verschiedener Rohstoffe wie Lithium, Grafit, Kobalt, Kupfer, Nickel und Mangan.

Neben einer teilautomatisierten Öffnung und Separierung der Zellbestandteile wird ein Hochdruckwasserstrahl eingesetzt, um die Elektrodenbeschichtung von den Trägerfolien abzulösen. Die durchge-



Ein Greifsystem für Batteriekomponenten. Foto: Fraunhofer IPA/Rainer Bez

führte ökobilanzielle Untersuchung, die Lebenszyklusanalyse, für die Trägerfolien zeigt sowohl wirtschaftlich wie auch ökologisch ein positives Ergebnis.

Roboter demontieren

Außerdem wurden Techniken für Industrieroboter mit spezialisierten, selbstkonstruierten Werkzeugen entwickelt, mithilfe derer elektrische Antriebsaggregate automatisiert demontiert werden können. Auch hier kommen unterstützende Bildverarbeitungssysteme zum Einsatz, die Schrauben und Bauteile erkennen können und das manuelle Einlernen, sogenanntes Teachen, der Roboter für jeden einzelnen Prozessschritt ersparen.

Um Kollisionen des Roboters mit Bauteilen zu verhindern, erfolgt nach jedem Demontageschritt eine Erfolgskontrolle über Sensoren und 3-D-Kamerasysteme. Eine anschließende Signalübertragung an die zentrale Prozesssteuerung gewährleistet einen sicheren Prozessablauf.

Technologietransfer

Die in DeMoBat entwickelten Techniken bilden die Grundlage für den Aufbau eines Erprobungszentrums, in dem neue Formen der Batterieproduktion entwickelt und getestet werden können, aber auch das Recycling von E-Komponenten weiterentwickelt wird. "Damit trägt das Projekt dem essenziellen Technologietransfer Rechnung, mithilfe dessen Baden-Württemberg wie auch Deutschland beim Thema E-Komponenten-Recycling in eine Spitzenposition gebracht werden sollen", betont Professor Kai Peter Birke, der am Fraunhofer IPA das Zentrum für digitalisierte Batteriezellenproduktion leitet.

Auch nach dem erfolgreichen Abschluss von DeMoBat laufen am Fraunhofer IPA Projekte zu den Themen Nachhaltigkeit und Automatisierung von Recyclingprozessen. So werden im Projekt "Desire4Electronics" Lösungen für das automatisierte Demontieren von Elektrokleingeräten für deren Wiederaufarbeitung gesucht.

Und das Ziel des Projekts "ProDiREC" ist, eine nachhaltigere Nutzung der seltenen Rohstoffe in der Lithium-Ionen-Batterien-Produktion zu ermöglichen. Im Projekt "ReNaRe" wiederum wird an der roboterbasierten Demontage von zukünftigen Elektrolyseuren geforscht.

www.ipa.fraunhofer.de

M.Sc. Sabri Baazouzi



Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gruppe Batterietechnologien am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

sabri.baazouzi@ ipa.fraunhofer.de

Foto: Fraunhofer IPA

Anwar Al Asadi

Leiter der Gruppe Roboterprogrammierung am Fraunhofer IPA

anwar.alassadi@ipa.fraunhofer.de

Julian Grimm

Leiter der Gruppe Batterietechnologien am Fraunhofer IPA

julian.grimm@ipa.fraunhofer.de



Ressourcen effizient und schonend nutzen

Zwei aktualisierte VDI-Richtlinien helfen Unternehmen bei der Ressourceneffizienz und dem Ressourcenschutz. Die eine Richtlinie erleichtert es zu bewerten, ob und wie Ressourcen effizient eingesetzt werden. Eine Andere hilft, dafür auch Mitarbeitende zu motivieren und mit einzubinden.

Anke Niebaum & Hanna Seefeldt

essourcen effizient zu nutzen und zu schonen, sind wichtige Ziele nationaler und internationaler Umweltpolitik: Die EU-Kommission hat das Thema bereits 2005 aufgegriffen und mit dem Green Deal der EU soll eine klimaneutrale und kreislauforientierte Wirtschaft verwirklicht werden. Die Bundesregierung hat das Deutsche Ressourceneffi-

zienzprogramm, "ProgRess" abgekürzt, 2012 verabschiedet und 2016 und 2020 fortgeschrieben.

Auf Ebene der Vereinten Nationen hat sich das "International Resource Panel" des Umweltprogramms der Vereinten Nationen, kurz Unep (United Nations Environment Programme) eingehend mit Themen zur Nutzung von Metallen, Wasser, Flächen und anderen befasst. Ressourceneffizientes und -schonendes Handeln

ist aber nicht nur aus übergeordneten Gründen geboten und sinnvoll. Es gibt auch unternehmerische Motive und Ansatzpunkte. Dazu zählen Kosteneinsparung etwa aufgrund steigender Rohstoffpreise, Verringerung der Rohstoffabhängigkeit, Sicherung und Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit, Anforderungen in der Lieferkette, Einführung eines Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagementsystems und vieles mehr.



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

ZWEL VDI-RICHTLINIEN

- Der Entwurf der Richtlinie VDI 4800 Blatt 1 wird ab August 2023 vorliegen und kann dann beim VDI käuflich erworben werden.
- Der Entwurf der Richtlinie VDI MT 4075 Blatt 1.1 liegt seit April 2023 vor und kann für 65,00 € beim VDI erworben werden.

VDI-Mitglieder erhalten eine Ermäßi gung von 10 % auf beide Entwürfe.

ceneffizienz und Ressourcenschonung betrachtet und methodisch eingeordnet. Bei beiden Strategien muss darauf geachtet werden, dass geplante oder umgesetzte Maßnahmen nicht zu unerwünschten Ressourceneinsätzen bei vor- oder nachgelagerten Prozessen oder außerhalb des betrachteten Systems führen, sondern dass diese mitgedacht und miterfasst werden.

Dazu gibt die Richtlinie wichtige methodische Empfehlungen wie zur Lebenswegbetrachtung, der Wahl der Systemgrenzen oder den Allokationsregeln. Zudem zeigt sie auf, dass eine verbesserte Ressourcennutzung in allen Abschnitten des Produktlebensweges und im Produktionssystem möglich ist.

Die bereits im Weißdruck 2016 der ersten VDI 4800 Blatt 1 aufgeführten Maßnahmenbeispiele mit Bezug zum Produkt oder mit Bezug zur Produktion wurden im Rahmen der Überarbeitung der Richtlinie einer grundlegenden Prüfung unterzogen:

Bestehende Maßnahmen wurden aktualisiert und neue Maßnahmen wurden aufgenommen, sodass in dem neuen Entwurf mit nun 48 Beispielen eine breite produkt- und prozessorientierte Maßnahmenpalette vorliegt.

Neu ist eine interaktive Entscheidungshilfe, die über eine CD-ROM oder den Download-Bereich genutzt werden kann: Diese unterstützt bei der Entscheidung, ob zur Bewertung von bereits ergriffenen oder zukünftigen, geplanten Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz oder Ressourcenschonung eine komplette Lebensweganalyse erforderlich ist oder ob nur einzelne, ausgewählte Lebenswegabschnitte betrachtet werden müssen. Damit hilft sie allen Anwendenden bei einer schnellen Bewertung von Ressourceneffizienz- und Ressourcenschonungsmaßnahmen.

Mitarbeitende sind wichtig

Mit dem am 1. April 2023 erschienenen Entwurf der Richtlinie VDI MT 4075 Blatt 1.1 "Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS); Einbindung von Mitarbeitenden bei PIUS-Projekten" wird der Einbindung und Beteiligung von Mitarbeitenden bei Projekten des betrieblichen Umweltschutzes eine besondere Bedeutung beigemessen. Die Buchstaben "M" und "T" in der Bezeichnung der Richtlinie stehen für "Mensch" und "Technik".

Mitarbeitende spielen an vielen Stellen außerhalb rein technischer Lösungen durch ihre Erfahrungen, ihre Aufmerksamkeit und ihre Verhaltens- und Handlungsweisen eine wichtige Rolle beim Verbrauch von Ressourcen.

Daher ist es wichtig, sich systematisch mit deren Einbindung in Optimierungsprojekte in Unternehmen zu befassen. Das in dieser Richtlinie vorgestellte Vorgehensmodell zur Einbindung von Mitarbeitenden, um einen effizienteren Einsatz von Ressourcen zu erreichen, greift unterschiedliche Formen der Einbindung von Mitarbeitenden auf und orientiert sich dabei an der Vorgehensweise der VDI 4075 Blatt 1, dem Grundlagenblatt "Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) – Grundlagen und Anwendungsbereich" der VDI 4075-Richtlinienreihe.

Durch die Einbindung von Mitarbeitenden können PIUS-Projekte deutlich erfolgreicher angegangen und umgesetzt werden. Daneben lässt sich insgesamt die Innovationskraft sowie die Mitarbeitendenmotivation steigern.

www.vdi.de/4075 & www.vdi.de/4800

Standardisiert bewerten

eine umfassende Betrachtung ab.

Bewertung daher unabdingbar.

Ob das jeweilige Handeln des Akteurs

tatsächlich konform mit dem umfassen-

den und übergeordneten Ziel der Res-

sourceneffizienz und -schonung ist, hängt

dabei entscheidend von der jeweiligen

Handlungsebene und der Einbettung in

gehensweise ist für eine umfängliche

Eine standardisierte methodische Vor-

Die Richtlinie VDI 4800 Blatt 1 "Ressourceneffizienz und -schonung; Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien" gibt einen methodischen Rahmen, wie sich Ressourceneffizienz von Produkten, Dienstleistungen, Produktdienstleistungssystemen und Organisationen bewerten lässt. Ressourceneffizienz wird dabei als Verhältnis eines quantifizierbaren Nutzens und dem damit verbundenen natürlichen Ressourcenaufwand definiert.

Eine gesteigerte Ressourceneffizienz führt aber nicht zwangsläufig zu einer absoluten Minderung des Ressourceneinsatzes. Dieses wird nur durch Ressourcenschonung erzielt.

Mit dem neuen Entwurf der VDI 4800 Blatt 1, der ab August 2023 verfügbar sein wird, werden die Strategien Ressour-



Dr. Anke Niebaum

Fachbereitskoordinatorin Fachbereich III Umweltqualität VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)

niebaum@vdi.de

Foto: VDI



M.Sc
H a n n a
S e e f e l d t
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin VDI-GEU
seefeldt@vdi.de
Foto: VDI



Staatsprämie für Klimaschutz

Die Bundesregierung will 15 Prozent der Investitionen in die effiziente oder sparsame Nutzung von Energie übernehmen, falls die Investitionssumme zwischen 50 000 bis 200 Mio. Euro liegt. Diese Förderung soll bis Ende 2023 stehen.

Carsten Quilitzsch & Stefanie Rötting

ie Ampel-Regierung hat in Koalitionsvertrag ihrem eine als "Superabschreibung" bezeichnete Steuerförderung angekündigt, die Investitionen in die Dekarbonisierung der Wirtschaft begünstigt soll. Das Bundesministerium der Finanzen hat dazu am 17. Juli 2023 den Entwurf eines Wachstumschancengesetzes veröffentlicht. Am 30. August 2023 hat die Bundesregierung am Rande ihrer Kabinettsklausur in Meseburg bekannt gegeben, dass der Entwurf dem Deutschen Bundestag zeitnah zur Verabschiedung vorgelegt wird. Das Gesetz sieht vor, eine Prämie zur steuerlichen Förderung von Investitionen in Klimaschutz einzuführen.

Diese Regelung soll gesetzlich in einem neuen eigenständigen Klimaschutz-Investitionsprämiengesetz verankert werden. Begünstigte Klimaschutz-Aufwendungen sollen danach mit 15 % bis zu einer Gesamthöhe von maximal 30 Mio. € je berechtigtem Antragsteller bezuschusst werden.

Begünstigte Investitionen

Im Einzelnen ist die Gewährung der Prämie an Voraussetzungen geknüpft: Im Grundsatz soll diese Klimaschutz-Prämie für jene Investitionen gewährt werden, die die Energieeffizienz verbessern und zu Energieeinsparungen führen. Auch der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energiequellen kann mit der Prämie gefördert werden.



Die Bundesregierung will Klimaschutzinvestitionen prämieren. Dies könnte Elektriker*innen und Ingenieur*innen zu Gute kommen, die wie hier Solarzellen in einem Solarkraftwerk installieren. Foto: PantherMedia/onlykim

Konkret unterliegen einer Begünstigung einmal Anschaffung und Herstellung neuer abnutzbarer beweglicher Wirtschaftsgüter des betrieblichen Anlagevermögens wie Maschinen, technische Anlagen oder der Fuhrpark und ferner Maßnahmen an ebensolchen bestehenden Wirtschaftsgütern in Unternehmen, die zu nachträglichen Anschaffungs- oder Herstellungskosten führen. Diese könnten etwa entstehen, wenn dem Betrieb dienende Maschinen so umgerüstet oder erweitert werden, dass sie eine energieeffiziente

Produktion ermöglichen. Je Wirtschaftsgut müssen die (nachträglichen) Anschaffungs- oder Herstellungskosten mindestens 10 000 € betragen.

Sowohl im Jahr der Anschaffung oder Herstellung als auch im darauffolgenden Wirtschaftsjahr erfordert die Gewährung der Förderung die (fast) ausschließliche betriebliche Nutzung des betreffenden Wirtschaftsgutes in einer inländischen Betriebsstätte des Unternehmens.

Die begünstigten Investitionen setzen zudem voraus, dass sie Teil eines Einspar-

konzeptes sind. Hierbei müssen die Unternehmen nachweisen, dass die vorgenommenen Maßnahmen dem Klimaschutz dienen. Auf welche Art und Weise dies erreicht wird, kann von den Unternehmen technologieoffen entschieden werden.

Um das Einsparkonzept zu erstellen, muss auf zertifizierte Energieberater oder qualifizierte eigene Energiemanager zurückgegriffen werden. Das Konzept muss die wesentlichen Anforderungen an ein Energieaudit nach der DIN EN 16247-1, dem Standard "Energieaudits – Teil 1: Allgemeine Anforderungen", erfüllen.

Im Ergebnis müssen die Investitionen in dem Maße die Energieeffizienz der betrieblichen Tätigkeit verbessern, dass entweder in Bezug auf den Klimaschutz geltende Normen der EU übertroffen oder bei Tätigung der Investition innerhalb von 18 Monaten vor Inkrafttreten einer entsprechenden EU-Norm angenommene Vorgaben der EU erfüllt werden.

Grenzen der Förderung

Nicht prämiert werden sollen Investitionen in die Kraft-Wärme-Kopplung, in Fernwärme und -kälte sowie in mit fossilen Brennstoffen betriebene Energieanlagen. Da ausschließlich bewegliche Wirtschaftsgüter begünstigt sind, können energetische Maßnahmen an Gebäuden, wie die Erneuerung einer Heizungsanlage oder von Fenstern, keine Förderung beanspruchen. Anders zu beurteilen sind hingegen Investitionen in Photovoltaik-Anlagen, die als selbstständige bewegliche Gebäudeteile förderfähig sein sollten.

Prämie bis 30 Mio. Euro

Die Investitionsprämie beträgt 15 % der förderfähigen Kosten, die sich aus den Anschaffungs- oder Herstellungskosten der begünstigten Investitionen zusammensetzen. Nicht in die förderfähige Bemessungsgrundlage einzubeziehen sind dabei Beträge, die bereits im Rahmen anderer Förderungen oder staatlicher Beihilfen Berücksichtigung gefunden haben. Der Höchstbetrag der Bemessungsgrundlage beträgt 200 Mio. €, sodass sich eine maximale Investitionsprämie von 30 Mio. € pro Unternehmen und Investitionsvorhaben ergibt. Weitere staatliche Beihilfen zur Umsetzung des energetischen Einsparkonzeptes sind bei der Ermittlung der maximal zu gewährenden Investitionsprämie zu berücksichtigen.

Die beantragbare Mindestbemessungsgrundlage beträgt 50 000 €, was einem minimalen Fördervolumen von 7 500 € entspricht. Die von der Steuererklärung losgelöste Antragstellung muss bis spätestens zum 31. Dezember 2029 erfolgen. Erfüllt der Steuerpflichtige die Tatbestandsvoraussetzungen, hat er einen Anspruch auf Auszahlung der Investitionsprämie. Das heißt auch, dass der zur Verfügung gestellte Fördertopf grundsätzlich keiner Begrenzung unterliegt.

Beantragen & umsetzen

Anspruchsberechtigte sind in Deutschland Steuerpflichtige, die Einkünfte aus Gewerbebetrieb, Land- und Forstwirtschaft oder aus selbstständiger Arbeit erzielen und nicht steuerbefreit sind, sowie gewerbliche Personengesellschaften. Ausgeschlossen sind Unternehmen in finanziellen Schwierigkeiten nach europarechtlichen Bestimmungen der "AGVO", der allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung von 2014, sowie auch in einigen Wirtschaftsbereichen tätige Unternehmen wie der Kernenergieerzeugung und der Fischerei.

Nach der AGVO können Regierungen der EU-Länder einem breiteren Spektrum von Unternehmen höhere Beträge an öffentlichen Geldern zukommen lassen, ohne dass sie vorab die Genehmigung der Europäischen Kommission einholen müssen. Das Klimaschutz-Investitionsprämiengesetz stellt auf die AGVO ab, da die Investitionsprämie als Beihilferegelung den Vorgaben des europäischen Beihilferechts unterliegt.

Innerhalb des mit Verkündung des Gesetzes beginnenden Förderzeitraumes können Anspruchsberechtigte bis zu zwei Anträge auf Gewährung der Investitionsprämie bei dem für sie zuständigen Finanzamt einreichen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Investition vor 2028 abgeschlossen sein wird. Sofern die Fertigstellung erst danach erfolgt, kann ein Antrag nur in Bezug auf vor 2028 angefallene Teilherstellungskosten oder geleistete Anzahlungen auf Anschaffungskosten gestellt werden.

Der Anspruch auf Erhalt der Investitionsprämie soll im Zeitpunkt der Anschaffung oder Herstellung des betreffenden Wirtschaftsgutes entstehen. Das zuständige Finanzamt soll die Investitionsprämie in einem Investitionsprämienbescheid festsetzen und diese innerhalb eines Monats nach Bekanntgabe des Bescheides an den Steuerpflichtigen auszahlen.

Etwaige Rückzahlungsansprüche im Falle der Korrektur eines Investitionsprämienbescheides sind ab dem Auszahlungstag mit 6,0 % jährlich zu verzinsen. Ertragsteuerlich mindert die festgesetzte Investitionsprämie das steuerliche Abschreibungsvolumen. Das bedeutet, dass die jährlichen steuerlichen Abschreibungen der klimaenergetischen Investitionen geringer ausfallen, da ansonsten eine doppelte staatliche Förderung durch die Gewährung der Prämie und die Minderung des zu versteuernden Einkommens infolge von Abschreibungen vorliegen würde.

Ausblick

Die geplante steuerliche Klimaschutz-Investitionsförderung setzt im Wesentlichen das Bestehen von Betriebsvermögen, das einer inländischen Betriebsstätte des Unternehmens dient, voraus und wird gewinnunabhängig gewährt. Die Prämie soll eine steuerliche Förderung von Investitionen in den Klimaschutz für alle Unternehmen ermöglichen.

Daher sollten sich sowohl im Ausland ansässige Betriebe mit Bezugspunkt zu Deutschland als auch inländische Unternehmen mit den Neuregelungen zur Investitionsprämie vertraut machen, um die zur Verfügung stehenden Fördermöglichkeiten in voller Höhe auszuschöpfen.

Da es sich noch um einen Regierungsentwurf handelt, ist zwar nicht auszuschließen, dass die vorgesehenen Regelungen noch Änderungen unterliegen. Aber zu erwarten ist, dass der Entwurf bis Ende 2023 wohl unverändert final im Bundestag verabschiedet wird.

www.fgs.de



Dr.
Carsten
Quilitzsch
Steuerberater &
assoziierter Partner
Flick Gocke Schaumburg
Carsten.Quilitzsch@fgs.de
Foto: Flick Gocke Schaumburg



Stefanie
Rötting
Steuerberaterin
Flick Gocke Schaumburg
Stefanie.Roetting@fgs.de
Foto: Flick Gocke Schaumburg



Erdarbeiten logistisch optimieren

Das britische Bauunternehmen Mott MacDonald will den Materialtransport bei dem Neubau einer Bahnstrecke in England und damit den Ausstoß an Kohlenstoffdioxid senken. Das Unternehmen bedient sich dabei mehrerer Computerprogramme, um den Aufwand für Erdarbeiten zu minimieren und möglichst viel Material vor Ort wieder verwenden zu können.

Lisa Sarazin

roße Infrastrukturprojekte sind bedeutende Quellen von Kohlendioxidemissionen. Daher wurde in Glasgow auf der 26. Klimakonferenz der Vereinten Nationen, der COP 26, im Jahr 2021 erneut die Frage in den Mittelpunkt gerückt, wie Ingenieurinnen und Ingenieure zur Eindämmung des Klimawandels beitragen können.

Das britische Ingenieurbüro Mott MacDonald mit Hauptsitz in Croydon, einem Stadtbezirk im Londoner Süden, möchte hier mit gutem Beispiel vorangehen – beispielsweise bei dem 90 km langen nördlichen Abschnitt des Hochgeschwindigkeitsbahnnetzes High Speed 2 (HS2) östlich von Birmingham zwischen Long Itchington und Handsacre.

Hierbei sollen mehr als 21 Mio. m³ Material abgetragen werden. Dies entspricht dem Inhalt von 8 400 olympischen Schwimmbecken.

Trotz der energieintensiven Erdarbeiten wurde für das HS2-Projekt eine Verringerung der CO_2 -Emissionen um mindestens die Hälfte während des Baus und des Betriebs zugesagt. Das Ingenieurbüro benötigte daher eine Lösung, um die CO_2 -Emissionen beim Materialabtrag deutlich zu verringern.

Gut koordiniert ...

Die Ingenieurinnen und Ingenieure aus Croydon stellten fest, dass sich die CO₂-Emissionen senken lassen, minimieren sie unnötige Materialtransporte und



Wird beim Bau – etwa auch mithilfe von Geoinformationssystemen und Programmen zur Bauwerksdatenmodellierung – clever vorgedacht, kann beispielsweise Material aus vorherigen Erdarbeiten gezielt sortiert und wieder eingesetzt werden. *Foto: PantherMedia/Kzenon*

bereiten sie Baustellenmaterial vor Ort auf. Die Idee: Wird abgetragenes Material wieder verwendet, braucht zum einen weniger deponiert und zum anderen weniger neues Material zur Baustelle gebracht zu werden.

Konventionelle Methoden, die mögliche Wiederverwendung von Materialien zu bewerten, geben aber nicht immer einen klaren Hinweis auf die Verteilung der Materialien auf der Baustelle.

Mott MacDonalds Team stand daher vor der Herausforderung, die Arbeit von multidisziplinären Teams zu koordinieren, die in verschiedenen Büros, Unternehmen und Zeitzonen arbeiteten sowie mehrere Phasen von Erdarbeiten im Rahmen von 45 separaten Verträgen durchzuführen. Das Ingenieurbüro suchte daher einen Weg, die Bewertung des Abraums und die Koordinierung zu verbessern.

... Prozesse optimieren

Das Projektteam kam zu dem Schluss, dass der beste Weg, die Erdarbeiten zu optimieren und den Materialtransport erheblich zu verringern, darin besteht, eine

neue GeoBIM-Bewertungstechnik zu entwickeln. Die Anwendungen vom Infrastruktur-Engineering-Software-Unternehmen Bentley Systems und Seequent, The Bentley Subsurface Company mit Hauptsitz in Exton, Pennsylvania, wurden verwendet, um geologische Informationen und Programme zur Bauwerksdatenmodellierung, dem "Building Information Modeling" (BIM), zu kombinieren.

Um die Seequent- und Bentley-gestützte GeoBIM-Technik zu erstellen, verknüpften sie zunächst die geotechnische Datenbank HoleBASE mit OpenGround, um eine vollständige Interoperabilität mit einer Reihe von Designanwendungen zu ermöglichen. Die Software OpenGround hilft, geotechnische Informationen zu verwalten und zu analysieren.

Danach entschieden sie sich, mit dem 3-D-Modellierungsprogramm "Leapfrog Works" Materialwiederverwendungsanalysen durchzuführen. Damit konnte das Team Bodenuntersuchungen aus allen Datensätzen dreidimensional visualisieren, sowohl dynamische geologische 3-D-Mo-

dellierung als auch statistische numerische 3-D-Modellierung durchführen sowie Entwürfe von OpenRoads und Oberflächentopografie in die Analyse einzubeziehen. Jede Analyse mit Leapfrog Works ergab ein geologisches 3-D-Modell, welches nach der Wiederverwendungsklasse des Erdbaumaterials zoniert wurde.

Abschließend veröffentlichte das Projektteam die von Leapfrog Works erstellten Analysen auf Seequent Central, einer cloudbasierten Lösung für Geodatenmanagement und Teamzusammenarbeit.

Durch das Verwenden von Seequent Central konnte das Team Daten mit allen Beteiligten teilen, einschließlich Echtzeitbenachrichtigungen und intuitiver 3-D-Ansichten aller Datensätze. Mit diesem Vorgehen konnten Interessenvertreter Vorschläge zum Legen von Schnitten durch die Topografie und zum Extrahieren von Materialmengen sehen. Außerdem nutzten sie Seequent Central, um abgestufte Genehmigungsprozesse und einen klaren Prüfpfad einzurichten.

Das Ergebnis

Mott MacDonald kann nach diesen Vorarbeiten die Menge an recyceltem Material deutlich erhöhen und gleichzeitig die Anzahl an Fahrten deutlich verringern. All dieses wird wohl die Kohlenstoffdioxidemissionen, die durch Aushub und Transport entstehen, deutlich verringern. Dieses Vorgehen kann damit als Vorbild für ähnliche Projekte mit Erdarbeiten dienen.

www.mottmac.com www.bentley.com www.seequent.com



Lisa Sarazin

Direktorin "Product and Solution Marketing" Seequent Ltd.

lisa.sarazin@seequent.com

Foto: Seeguent Ltd.

Vorschau 11-12/2023



Auf dem Klärwerk Bottrop steht diese Anlage zur Erzeugung von Biomethan und Wasserstoff. Foto: Tuttahs & Mever

Special: Material- & Energieeffizienz

Ressourcen effizient einzusetzen schont den Geldbeutel, die Umwelt und das Klima. Das Unternehmen dies erfolgreich praktizieren, zeigen einige Beispiele.

Abfall, Recycling & Kreislauf

Eine oft übersehene Rohstoffquelle für grünen Wasserstoff ist Klärschlamm. In Kläranlagen wird aus Faulgas erst ein Gas in Erdgasqualität gewonnen, das dann in Wasserstoff umgewandelt wird.

Luft, Wasser & Lärm

Ein neues Verfahren erlaubt es der Holzwerkstoffindustrie, VOC-Grenzwerte der EU weit zu unterschreiten und nebenbei nachwachsende Rohstoffe für die Chemieindustrie zu erzeugen.



Starke Regenfälle führen zu überfluteten Uferböschungen wie hier in Werden, einem Stadtteil Essens in Nordrhein-Westfalen und überfordern immer wieder auch kommunale Abwassernetze. Foto: PantherMedia/SabineThielmann

Starkregen digital angehen

Der Klimawandel erfordert neue Lösungsansätze. So gewinnt Starkregen als extremer Wetterfaktor zunehmend an Bedeutung. Das Projekt "Reduction of the Impact of untreated WasteWater on the Environment in case of torrential Rain", kurz "Riwwer", sucht nach Lösungen und setzt dabei auf die Digitalisierung der Abwassernetze, um dieser Herausforderung zu begegnen.

Abwasservorgaben der EU

Die Kommunalabwasserrichtlinie der EU, die das Sammeln, Behandeln und Einleiten von Abwasser regelt, ist entscheidend für den Umweltschutz. In Anbetracht der steigenden Häufigkeit von Starkregenereignissen und den damit einhergehenden Gefahren für die Umwelt hat die Europäische Kommission am 26. Oktober 2022 einen Richtlinienentwurf vorgelegt.

Dieser beinhaltet eine umfassende Neuausrichtung der Richtlinie mit verschärften Anforderungen. Die Erreichung der Ziele stellt jedoch eine anspruchsvolle Aufgabe dar, da Niederschlagswasser einer beträchtlichen Variation in Bezug auf Menge, Zusammensetzung sowie zeitlicher und räumlicher Verteilung unterliegt.

Die Bewältigung dieser Herausforderung erfordert neuartige Ansätze. Hier kommt die Digitalisierung und das wegweisende Projekt Riwwer ins Spiel. Das Forschungsvorhaben ist im Oktober 2022

gestartet und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) über drei Jahre mit rund 2,7 Mio. € gefördert.

Riwwer zielt darauf ab, durch digitale Techniken die Auswirkungen von Starkregen auf Abwassersysteme zu minimieren. Dezentrale KI-gesteuerte Verteilungssysteme sollen eine verbesserte Wasserführung ermöglichen, während die gezielte Erfassung des Zustands der Abwassersysteme durch den kommunalen Fachaustausch eine solide Grundlage für die Digitalisierung schaffen soll.

Kommunaler Fachaustausch

Das Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) mit Sitz in Gelsenkirchen und der Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) organisieren den kommunalen Fachaustausch. Er begann am 13. September und wird am 22. November 2023 fortgeführt.

Dieser Austausch soll dazu beitragen, bewährte Praktiken und innovative Ansätze aus den Kommunen zu teilen. Eine begleitende Umfrage erfasst den Ist-Zustand der Abwassersysteme und soll damit das Verständnis für die erforderlichen Anpassungen fördern. Die Erkenntnisse aus diesem Austausch sollen die Digitalisierung der Abwassersysteme erleichtern und den Weg für eine nachhaltige Bewältigung der Umweltauswirkungen von Starkregen eben.

Die Neugestaltung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie sowie das RiwwerProjekt verdeutlichen, dass eine effektive Anpassung an den Klimawandel durch technologische Innovation und interdisziplinäre Zusammenarbeit nötig ist.

Der Blick in die Zukunft zeigt, dass die Digitalisierung eine Schlüsselrolle dabei spielt, unsere Städte widerstandsfähiger und umweltfreundlicher zu gestalten und so den Schutz unserer Gewässer und Ökosysteme zu gewährleisten.

Projektpartner

Das Duisburger Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS koordiniert das Projekt. Mit dabei sind die Stadt Duisburg, die Wirtschaftsbetriebe Duisburg, die Universität Duisburg-Essen, die RWTH Aachen, die Berliner Hochschule für Technik, der VDI sowie die Krohne Messtechnik GmbH aus Duisburg, das Umweltingenieurbüro HST Systemtechnik GmbH & Co. KG aus Meschede und der Umweltberater Okeanos Smart Data Solutions GmbH aus Bochum.

 ${\sf Z}\;{\sf U}\;{\sf S}\;{\sf A}\;{\sf T}\;{\sf Z}\;{\sf I}\;{\sf N}\;{\sf F}\;{\sf O}\;{\sf R}\;{\sf M}\;{\sf A}\;{\sf T}\;{\sf I}\;{\sf O}\;{\sf N}$

Informationen zum Riwwer-Forschungsprojekt finden Sie auf der Webseite:

www.riwwer.org
Die Webseite für den Fachaustausch und die
Teilnahme an der Umfrage lautet:
www.survio.com/survey/d/U5G6N1V0L6L2Y3K3I



Fachkonferenz Power-to-X: Wasserstoff in der Praxis

Die VDI-Wissensforum-Fachkonferenz "Power-to-X" (PtX), befasst sich am 17. und 18. Oktober in Dortmund mit der Verwendung regenerativ erzeugten Stroms, um Wasserstoff und andere Energieträger herzustellen. Die Konferenz gibt einen Überblick über die Herausforderungen und Möglichkeiten bei Planung und Umsetzung von PtX-Projekten. Auch regulatorische Entwicklungen sowie neue Techniken werden beleuchtet. Diskutieren Sie mit führenden Fachleuten aus Industrie und Wissenschaft, wie PtX von der Vision in die Praxis umgesetzt werden kann, um die Dekarbonisierung aller Sektoren voranzubringen.

Das ist notwendig, da sich nicht alle Sektoren, um die Dekarbonisierung zu verwirklichen, einfach elektrifizieren lassen. In diesen Sektoren werden aus erneuerbarer Energie hergestellte Energieträger daher eine wichtige Rolle spielen. Als Grundlage für solche Energieträger dient meist Wasserstoff, der durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird.



Grafik: PantherMedia/aa-w

Die Konferenz bietet eine geeignete Plattform zu Fragestellungen wie: Welche politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen sind dafür notwendig? Welche Wirtschaftlichen Herausforderungen ergeben sich für Unternehmen? Wie kann Wasserstoff in Quartiere und Industrie integriert werden? Außerdem werden Themen wie Sicherheit, Infrastruktur und Ressourcenbedarf aufgegriffen. Tauschen Sie sich mit Pionieren der Branche über die Anwendungen und Projektideen aus. Weitere Informationen zum Programm und Anmeldung unter:

> www.vdi-wissensforum.de/ weiterbildung-energie/power-to-x

Expertenforum "Klimaangepasstes Bauen – Was kann Technik leisten?"

Der Klimawandel ist und bleibt eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Trotz aller Bemühungen die globale Lufttemperaturzunahme auf 1,5 °C zu begrenzen, wird es schwierig, das Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Daher sind neben Maßnahmen zum Klimaschutz auch Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel vonnöten. Aus Extremwetterereignissen wie Hitzewellen, Starkregen, Trockenheit und Dürre als Folgen der globalen Erwärmung, ergibt sich schon jetzt Handlungsbedarf. Die Herausforderung dabei besteht darin, die Folgen des Klimawandels abzumildern und Schäden für Mensch und Umwelt möglichst gering zu halten. Dabei müssen alle Sektoren berücksichtigt werden – auch das Bauwesen.

Im Rahmen des VDI-Expertenforums "Klimaangepasstes Bauen – Was kann Technik leisten?", das am 28. September 2023 in Frankfurt am Main stattfinden wird, werden unter anderem die Auswirkungen des Klimawandels auf Bauwerke, der bauliche und technische Schutz von Gebäuden, sowie der organisatorische Schutz im akuten Krisenfall thematisiert. Darüber hinaus werden die Gebäudebegrünung und die Ressourcenschonung durch Umbau und Revitalisierung als wichtige Chancen in der Anpassung an den Klimawandel beleuchtet. Auch die Wasserversorgung und das Abwassermanagement werden diskutiert.

Die Fachleute gestalten somit eine spannende Fachkonferenz und bieten die Möglichkeit, zu diskutieren und sich zu informieren. Die Veranstaltung richtet sich an Behörden, Planungs- und Architekturbüros, Städte und Kommunen, Bauherrenschaft und Betreiber und natürlich an alle Interessierten. Die Anmeldung erfolgt online über das VDI-Wissensforum mit der Veranstaltungsnummer 06FO189.

www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-energie/klimaanpassung

Umfrage zu "Klimaschutz und Klimaanpassung"

Die stattfindende Transformation des Energiesystems ist bedeutsam für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Die Umstellung des bisherigen Energiesystems auf fluktuierende erneuerbare Quellen wie Wind und Sonne fordert dabei alle Akteure heraus und führt zu Unsicherheiten. Neben Maßnahmen zum Klimaschutz sind auch Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erforderlich. Gefordert sind politische Entscheidungsträgerinnen und -träger, die die rechtlichen Randbedingungen entwickeln müssen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Systeme entwickeln, sowie Ingenieurinnen und Ingenieure, die dies umsetzen.

Der VDI bringt sich konstruktiv in diesen Prozess ein und ist sehr an Ihren Einschätzungen interessiert. Die VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU) führt diese Umfrage bereits seit 2019 jährlich durch. Uns interessiert insbesondere, inwieweit die aktuellen Maßnahmen zur Energiewende und das Fortschreiten des Klimawandels, Ihre Einschätzungen verändert haben. Darum laden wir Sie herzlich ein, an unserer diesjährigen Umfrage zum Thema Klimaschutz und Klimaanpassung teilzunehmen. Durch Ihre Teilnahme unterstützen Sie den VDI in seiner Öffentlichkeitsarbeit und liefern wichtige Erkenntnisse über die öffentliche Wahrnehmung der relevanten Energie- und Klimathemen.

https://www.surveymonkey.de/r/82LVPL8

Verband der Betriebsbeauftragten (VBU) e.V. Jörg ten Eicken Alfredstraße 155, 45131 Essen Tel.: 0201/890427-15, info@vbu-ev.de



Foto: PantherMedia/Rangizz

Welcher Nachhaltigkeitsstandard passt?

Unternehmen stehen bei ihrem Engagement für Nachhaltigkeit häufig vor der Frage, welche Zertifizierungen, Standards oder Initiativen für sie geeignet sind.
Oft ist ihnen nicht klar, worin sich die verschiedenen Managementsysteme, Initiativen oder Berichtsformate unterscheiden und was der Gesetzgeber heute und in naher Zukunft fordert.

Bernhard Schwager

s begann 2014: Die EU legte in der CSR-Richtlinie nicht-finanzielle Berichtspflichten für große börsennotierte Unternehmen fest. Nach dieser Richtlinie zur "Corporate Social Responsibility", also zur gesellschaftliche Unternehmensverantwortung, müssen diese Unternehmen Themen wie Umweltschutz, Belegschaftsbelange, Achtung der Menschenrechte, Bekämpfung von Korruption und Informationen zur Diversität in einer nicht-finanziellen Er-

klärung, einer "Non-Financial Entity" (NFE), offenlegen.

Und es ging weiter: Mit dem Green Deal entwickelt sich in der EU auch die Taxonomie-Verordnung, die seit Juni 2020 in einem detaillierten und trennscharfen Kriterienkatalog definiert, welche wirtschaftlichen Aktivitäten nachhaltig sind und zu den Umweltzielen der EU beitragen. Seit Januar 2023 verpflichtet zudem das deutsche "Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz" Unternehmen, sich um Risikomanagement, Risikoanalysen,

interne Zuständigkeiten zur unternehmerischen Sorgfalt, Präventionsmaßnahmen gegenüber unmittelbaren Zulieferern, Beschwerdeverfahren sowie Abhilfemaßnahmen zu kümmern und über alle diese Maßnahmen transparent zu berichten.

Das Gesetz gilt erst einmal für die rund 900 Unternehmen mit mindestens 3000 Arbeitnehmern und ihre Lieferanten. Von 2024 an werden bereits jene alle jene etwa 4800 Firmen mit mehr als 1000 Beschäftigten betroffen sein. Bald werden sich weitere rund 16000 Unter-



für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

nehmen allein in Deutschland mit mehr als 250 Beschäftigten auf neue Anforderungen einstellen müssen. Denn die EU hat die CSR-Berichtspflicht überarbeitet und die neue CSR-Richtlinie, die "Corpo-Social Responsibility-Directive" (CSRD) wird von 2025 an auch für bisher nicht betroffene Firmen wirksam.

Bericht & Management

Nachhaltigkeitsberichte von Unternehmen gibt es schon seit Jahren. Sie orientieren sich mehr oder weniger an bestimmten Standards.

Mit dem Ökoaudit, also dem "Environmental Management and Audit Scheme" (EMAS), und dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) lassen sich die zukünftigen Anforderungen der CSRD problemlos erfüllen. Beide Systeme decken die gesetzlichen Vorgaben ab. Dies hat auch die Bundesregierung erkannt und setzt gezielt auf EMAS. Die Bundesverwaltung hat bereits mit der Einführung begonnen, um selbst die gesetzten Ziele des Klimaschutzprogramms bis 2030 zu erreichen.

Für Unternehmen mag dieser Aspekt sehr interessant sein, denn bei einem Beschaffungsvolumen der öffentlichen Hand von etwa 300 Mrd. Euro pro Jahr mag es zukünftig einen deutlichen Einfluss geben, nach welchen Kriterien Waren bei Lieferanten beschafft werden. Wohl denjenigen, die hier auf neue Anforderungen geeignet vorbereitet sind.

Managementsysteme sind dabei geeignete und hilfreiche Werkzeuge, die für verschiedene Disziplinen wie Qualität, Umwelt, Sicherheit, Risiko et cetera in Wirtschaft und Verwaltung bereits weit verbreitet sind. Zur Umwelt können diese entweder privatrechtlich nach der Umweltmanagementsystemnorm ISO 14001 oder etwas anspruchsvoller mit EMAS nach der "Verordnung 1221/2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung" eingeführt werden. Beide Systeme sind in regelmäßigen Abständen zu auditieren und folgen meist einem Drei-Jahres-Zyklus von Zertifizierung und Validierung mit dazwischen liegenden jährlichen Überwachungsaudits.

Speziell bei EMAS validieren Umweltgutachter*innen die Umwelterklärungen und nach einer Registrierung bei der zuständigen Stelle, einer Industrie- und Handelskammer oder einer Handwerkskammer, kann ein Unternehmen das EMAS-Logo für ein geprüftes Umweltmanagement nutzen.

Wichtige Unterschiede

Neben rechtlichen Vorgaben zur Nachhaltigkeit gibt es eine Vielzahl freiwillig anwendbarer Leitlinien, Normen, Standards und Label. Sie alle unterscheiden sich mehr oder weniger voneinander und lassen sich folgendermaßen einteilen:

- Umweltmanagementsystem mit geprüfter Umwelterklärung (EMAS)
- · Managementsysteme ohne Bericht (ISO 14001, ISO 26000, ISO 45001, ISO 50001)
- · Berichte mit einzelnen Anforderungen von Managementsystemen (CDP, CSRD, CSR-RUG, DNK, GRI, GWÖ, LkSG, UNGC)

- · Prüfung ohne Bericht (B-Corp, Label, Siegel)
- Leitlinien mit Einhaltung durch Selbsterklärung (OECD-Leitsätze)
- Klassifikationssystem von Wirtschaftsleistungen mit nicht-finanzieller Erklärung (EU-Taxonomie)

Begrenzt oder vollständig

Für die verschiedenen Berichtsformate existieren grundsätzlich zwei unterschiedliche Anspruchsniveaus für die Prüftiefe und Qualität, die aus dem Finanzwesen bekannt sind: die Prüfung mit "begrenzter Sicherheit" ("limited assurance") und die Prüfung auf Vollständigkeit und Richtigkeit ("reasonable assurance").

Bei EMAS wird konsequent die Prüftiefe "reasonable assurance" in Verbindung mit einem zwingendem vor-Ort-Audit verfolgt. Ganz anders ist dies beispielsweise beim DNK oder dem CDP, wo die inhaltliche Prüfung mit "limited assurance" ausreicht.

Die GWÖ und Normen die ISO 14001 und ISO 50001 verbinden "limited assurance" zudem mit einem vor-Ort-Audit. Beim CSR-RUG oder dem UN Global Compact beschränken sich bisher die Prüfungen auf das Vorhandensein aller notwendigen Anforderungen, ohne den Inhalt gezielt zu bewerten. Bei der Selbstdeklarationen zu den OECD-Leitsätzen erfolgt gar keine Prüfung.

Unternehmen sollten sich überlegen, welche Wahl sie bei dem breiten Angebot treffen, um auf zu erwartende rechtliche Regelungen und die verschiedenen Ansprüche von Stakeholdern gut vorbereitet zu sein. Mit einem anspruchsvollen System wie EMAS lässt sich zudem zeigen, wie weit ein Unternehmen bereits vorangeschritten ist und wo die zukünftige Reise hingeht.

www.vbu-ev.de

ABKÜRZUNGEN

Austauschplattform von Unternehmen zur Emission von Treibhausgasen Corporate Sustainability Reporting Directive Deutscher Nachhaltigkeitskodex des Rates für Nachhaltige Entwicklung Global Reporting Initiative Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten

M.Sc. Bernhard Schwager

Umweltgutachter Fachbuchautor Vorstandsvorsitzender VBU

schwager@becertain.eu



Verband für Nachhaltigkeits- und Umweltmanagement e.V. Am Hangelstein 8, 65812 Bad Soden Tel.: 06196/9213948, Fax: 06196/9218083 vnu@vnu-ev.de, www.vnu-ev.de

EMAS Club auf der Bundesgartenschau

Der EMAS Club Südwest traf sich am 26. Juni auf Einladung der Bundesgartenschau Mannheim 2023 gGmbH, der Buga 23. Miriam van Hazebrouck, kaufmännische Leiterin der Buga 23-Gesellschaft, hat dieses Anwendertreffen auf dem Spinelli-Gelände, einem ehemaligen US-Militärareal, eröffnet. Sie gab einen ersten Einblick in die EMAS-Umwelterklärung der Gartenschau und ihre ehrgeizige Zielsetzung, die nachhaltigste Buga aller Zeiten zu werden. Dabei wurde deutlich, dass das Großevent auf der Mannheimer Konversionsfläche über das Präsentieren schöner Flora hinausreicht. Das Buga-Gelände ist Teil des geplanten Grünzugs Nordost, der künftig auf 2,3 km2 die Klimaresilienz der Quadratestadt Mannheim steigern soll. Um die betriebliche Resilienz von Organisationen und die Sicherung regeltreuen Verhaltens in der öffentlichen Verwaltung ging es im folgenden Beitrag von Anna Zubrod, Compliance-Beauftragte der Stadt Mannheim. Sie stellte den Compli-

ance-Management-Ansatz der Stadtverwaltung vor und verwies auf das neue deutsche Hinweisgeberschutzgesetz, dessen Anwendungsbereich auch Verstöße gegen das EU-Umweltrecht beinhaltet. Dr. Michael Scholz von der Bodensee-Stiftung referierte danach zu "EMAS und Biodiversität". Anschaulich führte er aus, welche operativen Risiken auch für Unternehmen durch den Verlust der Vielfalt von Naturräumen und biologischen Arten entstehen. Er empfahl zur Vertiefung den 2023 erschienen Leitfaden "EMAS und Biodiversität", den die Bodensee-Stiftung und der Global Nature Fund erstellt haben. Einen spannenden Einblick in Abwägungsprozesse im Umweltmanagement von Großveranstaltungen und in praktische Herausforderungen jener Zertifizierung lieferten danach Prof. Dr. Volker Teichert, wissenschaftlicher Mitarbeiter der FEST Heidelberg, und der BUGA 23-Umweltgutachter Dr. Burkhard Kühnemann (Geschäftsführer, ifu Dr. Burkhard Kühnemann).



Zukunftsbäume auf der Buga 2023. Foto: BUGA 23_Daniel Lukac

Nach einer gemeinsamen Mittagspause folgte ein Überblick zu neuen Entwicklungen in der EMAS-Welt von Mario Lodigiani aus der Geschäftsstelle des Umweltgutachterausschusses. Das Treffen endete mit einem geführten Buga-Rundgang durch eine Auswahl der 17 SDG-Gärten, die sich auf anschauliche Weise mit den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen, den Sustainable Development Goals (SDG), auseinandersetzen. Der VNU dankt allen Teilnehmenden und insbesondere der Buga 23-Gesellschaft für ihre großzügige Gastgeberschaft.

VNU-Jahrestagung 2023

Am 16. Juni fand die VNU-Jahrestagung statt. Anders als die meisten anderen VNU-Veranstaltungen ist sie Mitgliedern vorbehalten und setzt noch stärker auf gegenseitigen Austausch. Auf Wunsch der meisten Teilnehmenden wurde das ursprüngliche Präsenz- in ein Online-Format geändert. Neben Impulsvorträgen und Diskussionen zu unterschiedlichen Themen standen für vertiefende Gespräche zusätzliche, rege genutzte Online-Räume zur Verfügung.

Jochen Buser, VNU-Ressortleiter, informierte über Neues aus dem Energierecht. Er verwies dabei darauf, dass Prüfer*innen damit deutlich mehr Verantwortung zukommt. Frank Pelzer erläuterte dazu die DIN EN 17463 zur Validierung energiebezogener Investitionen, kurz ValERI genannt. Diese Norm bietet durch einen dynamischen Ansatz deutliche Vorteile gegenüber statischen Verfahren.

Jakob Flechtner, VNU-Vorstand und Projektleiter des Unternehmensnetzwerks Klimaschutz, erläuterte danach, wie Klimaschutz in die Berichterstattung nach der neuen EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, der "Corporate Sustainability Reporting-Directive" (CSRD) von 2022, eingebunden werden kann oder sollte. In diesen Kontext passte auch der Impulsvortrag von Ressortleiter Gisbert Braun zu den Prüfungen von CSRD-Berichten, in welchem auch die Frage diskutiert wurde, welche Rolle Umweltgutachter*innen hierbei haben werden.

Ressortleiter Klaus Schuler stellte die Ergebnisse der VNU-Mitgliederbefragung zu den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen, den SDGs, vor. Der Fokus des VNU auf einige SDGs wird unterstützt und das Engagement des Verbands positiv bewertet. Lennart Schleicher diskutierte den Mangel an Umweltgutachter*innen, der sich durch eine erhöhte Nachfrage und altersbedingtem Ausscheiden ergibt, sowie mögliche Ursachen und Maßnahmen hierzu. Der VNU dankt den genannten Personen für ihren ehrenamtlichen Einsatz und allen Teilnehmenden für die anregenden Diskussionen.

EMAS für "Große"

Immer mehr Organisationen mit mehreren Standorten interessieren sich für EMAS, das Premium-System im Umweltmanagement. Solche Organisationen stellen sich dabei viele Fragen zu den Möglichkeiten, Effektivität und Effizienz zu verbessern. Für diese Gruppe veranstaltet der VNU am 29.09.2023 das Webinar "EMAS für Große" – wobei das Wort "groß" mit einem Augenzwinkern zu verstehen ist. Neben einigen Grundlagen wird speziell auf die Herausforderungen einer EMAS-Registrierung mit mehreren Standorten eingegangen. Zudem werden die geplanten Änderungen des EMAS-Nutzerhandbuchs und die darin enthaltenen Vorgaben zum "Multi-Site-Verfahren" vorgestellt. Die beiden Referenten – Anna Büttgen von dem Berliner Dienstleister GUTcert, und der selbstständige Umweltgutachter Lennart Schleicher – thematisieren die theoretischen Grundlagen und berichten aus der Praxis sowie von ihren Erfahrungen. Das Webinar ist kostenlos. Interessierte melden sich bitte über die VNU-Geschäftsstelle an.



Holzpellets werden oft mit pneumatischen Saugsystemen aus dem Lagerraum zur Feuerstätte gefördert. Foto: Mall Umweltsysteme

Pellets sicher lagern

Holzpellets zu lagern ist nicht ganz unproblematisch: In Lagerräumen können hohe Konzentrationen von Kohlenmonoxid (CO) durch Ausgasung aus Pellets oder Rückströmungen aus Brennern auftreten, die vereinzelt sogar zu tödlichen Unfällen geführt haben. Die überarbeitete Richtlinie VDI 3464 Blatt 1 "Emissionsminderung – Lagerung und Umschlag von Holzpellets beim Verbraucher - Anforderungen unter Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekten" legt Anforderungen an deren Ausführung und Ausstattung bei Verbrauchern bis zu einem Fassungsvermögen von etwa 100 t sowie an Herstellung und Anlieferung der Pellets fest, um vor allem gesundheitsgefährdende CO-Konzentrationen zu vermeiden. Sie basieren auf der Verwendung von Pellets gemäß DIN EN ISO 17225 1 und 2 zu biogenen Festbrennstoffen. In Lagerräumen mit Füllmengen von bis zu 10 t ist das Risiko mit Maßnahmen wie belüftenden Verschlussdeckeln auf Befüllleitungen zu entschärfen. Für größere Lager wird Weitergehendes empfohlen. In der Neuausgabe sind die Anforderungen an den Stand der Technik angepasst und durch Vorgaben für Aufstellräume von luftdurchlässigen Sacksilos sowie Hinweise für die Feuerwehr, wenn es zu erhöhten CO-Konzentrationen gekommen sein sollte oder ein Brand vermutet wird, ergänzt. Sie stellt damit allen, die ein Pelletlager oder eine Pelletheizung planen, errichten, betreiben oder überwachen, eine einheitliche und rechtssichere Planungs- und Umsetzungsgrundlage zur Verfügung. Die Richtlinie, die die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN herausgibt, ist für 101,40 € beim Beuth Verlag erhältlich, VDI-Mitglieder erhalten 10 % Ermäßigung.

Elektroschrott definieren

Die sich abzeichnende Verknappung und Erschöpfung wichtiger Ressourcen, die verstärkte Umweltbelastung, der Klimawandel und die teilweise unzulänglichen Bedingungen bei der Abfallbehandlung, vor allem in afrikanischen und asiatischen Ländern, haben zu neuen Konzepten im Umgang mit Abfall geführt. Dennoch hat Deutschland im europäischen Vergleich das größte Aufkommen an Elektroschrott. Technische Innovationen, kürzere Produktlebensdauern und ständig neue Geräte und Modelle zu relativ günstigen Preisen begünstigen kürzere Nutzungszyklen und damit höhere Abfallmengen. Die Richtlinienreihe VDI 2343 befasst sich daher mit dem Recycling elektrischer und elektronischer Geräte. Hierbei wird in mehreren Richtlinienblättern das gesamte End-of-Life, von Logistik, Demontage, Aufbereitung, Verwertung und Beseitigung, bis zur Vermarktung und dem Re-use behandelt. Die im Oktober 2023 als Entwurf erscheinende VDI 2343 Blatt 1 "Recycling elektrischer und elektronischer Geräte; Grundlagen und Begriffe" legt die für die Arbeit mit der Richtlinienreihe notwendigen Begriffsdefinitionen fest. Auch ein Überblick über die Anwendung einer Werkstoff- und Kunststoffsystematik wird gegeben. Die Einspruchsfrist läuft bis Ende März 2024. Der Richtlinienentwurf kann für 55,80 € über die VDI-Homepage erworben werwww.vdi.de/2343-01 den.



Gebrauchte elektronische Geräte sind nicht automatisch Schrott, sondern enthalten wertvolle Bauteile. Foto: PantherMedia/sasirin pamai

Grundlagenwerk zur Bioökonomie

Die Bioökonomie hat sich weltweit vom Nischenthema zum politischen Mainstream entwickelt. Sie gilt als Schlüssel für eine klimaneutrale Wirtschaft. Der Bioökonomie wird das Potenzial zugesprochen, Ökonomie und Ökologie für ein nachhaltiges Wirtschaften zu verbinden. Sie erreicht bereits viele Branchen und bewirkt dort teils tiefgreifende Veränderungen. Diese Entwicklung steht aber noch am Anfang. Die Richtlinie VDI 6311 "Bioökonomie und biologische Transformation – Begriffe und Methoden" will daher dazu beitragen, dass Bioökonomie in Deutschland langfristig ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltig gestaltet wird. Sie definiert dafür zentrale Begriffe und stellt Potenziale, Kontexte und Aktivitäten der Bioökonomie exemplarisch dar. Die Richtlinie konzentriert sich auf Anwendungen und Wirtschaftsbereiche, die biologische Ressourcen und biologisches Wissen einsetzen oder verarbeiten, biogene Produkte verwenden und Rest- und Abfallstoffe rezyklieren. Sie wendet sich vor allem unter anderem an jene Unternehmen, die Biomasse erzeugen, bereitstellen oder einsetzen aber auch an Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, des Finanzsektors und der Qualitätssicherung sowie Forschungseinrichtungen, politische Entscheidungsträger und Kommunikationseinrichtungen für Fachwelt und Öffentlichkeit. Die VDI-Richtlinie 6311 ist als Entwurf erschienen und kann für 73,90 € beim Beuth Verlag bestellt werden (VDI-Mitglieder erhalten einen Preisvorteil von 10 % auf alle VDI-Richtlinien). Einsprüche und Stellungnahmen können bis zum 30. November 2023 auf folgender Webseite eingereicht werden:



Deutscher E-Schrott in Nigeria

Elektroschrott aus Deutschland gelangt immer noch in sich entwickelnde Länder, wo er zum Teil unsachgemäß behandelt wird. Darunter leiden Arbeiter, Anwohner und die Umwelt. Wie es besser gehen kann, zeigt dieser Beitrag. Ein wichtiger Baustein: eine erweiterte Produktverantwortung für die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten.

Andreas Borgmann

lusosum ist eine 42.7 ha große Elektroschrottdeponie am Rande von Lagos in Nigeria. Junge Arbeiter zerschlagen dort funktionierende nicht Computer, Fernseher und weiße Ware mit Hämmern. Um Kupfer zu gewinnen, wird die Ummantelung von Kabeln abgebrannt. Dafür wird oft Styropor, also Polystyrol, mitverbrannt. Da Kupfer als Katalysator wirkt, können dabei dabei aus der Polyvinylchloridummantelung von Kabeln polychlorierte Dibenzodioxine und Richtung Lagos ziehen. Arbeitende tragen weder Arbeitsschutzkleidung noch Atemschutzmaske und essen an ihrem Arbeitsplatz. Viele leiden an Brechreiz, Kopfschmerzen und Atemproblemen.

Jeden Monat gelangen viele Container mit Elektroschrott per Schiff aus der EU nach Lagos. Rund die Hälfte der angelieferten Geräte ist in der Regel defekt und landet auf der Deponie Olusosum; Händler verkaufen noch funktionierende Geräte. Auch aus Deutschland landet solcher Elektroschrott dort. Vermeintlich wurden diese Geräte illegal ausgeführt.

Wie undurchsichtig der Elektroschrottmarkt ist, zeigt eine Anfrage von Juli 2023 bei einer deutschen Elektround Elektronikkette. Gefragt hat der Autor, wie das Unternehmen mit gebrauchten und defekten Großgeräten wie Waschmaschinen umgeht. Das Unternehmen beantwortete die Frage im gleichen Monat ausweichend, sodass unklar bleibt, was mit diesen Geräten geschieht. Dabei gibt es Rechtsvorschriften:



Container mit E-Schrott werden aus mehreren europäischen Häfen nach Afrika verschifft.

- Das internationale Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung, das 1989 unterschrieben und 1994 ratifiziert wurde, verbietet die grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle in andere Staaten vor allem Entwicklungsländer und verlangt, dass gefährliche Abfälle in dem Staat entsorgt werden, in dem sie erzeugt wurden.
- Die EU hat 2012 mit der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte festgelegt, dass alle Mitgliedsstaaten sicherstellen, dass gesammelte Elektround Elektronik-Altgeräte ordnungsge-

mäß behandelt werden, indem mindestens alle Flüssigkeiten und Schadstoffe entfernt werden.

Das Basler Übereinkommen bedeutet, in Deutschland anfallender Elektroschrott muss hier entsorgt werden. Die EU-Richtlinie präzisiert die ordnungsgemäße Behandlung und das Entfernen von Flüssigkeiten und Schadstoffen.

Zudem gibt es die "Anlaufstellen-Leitlinien Nr. 1" der Europäischen Kommission zur Verbringung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten und gebrauchten Elektro- und Elektronikgeräten, bei denen es sich vermutlich um Altgeräte handelt.

Sie beschreibt unter anderem, wann gebrauchte Elektro- und Elektronikgeräte le-

gal zu Elektro- und Elektronik-Altgeräten werden: nämlich dann, wenn sie unzureichend verpackt sind oder wenn das äußere Erscheinungsbild der Geräte einen abgenutzten oder beschädigten Eindruck vermittelt, der die Marktfähigkeit senkt.

Gebrauchte Geräte können also hochwertig sein. Sind sie aber unzureichend verpackt oder sehen abgenutzt aus, werden sie in der EU ohne weitere Funktionsprüfung als Elektroschrott klassifiziert. Werden solche Geräte ausgeführt, wird dies als "vermeintlich illegal" bezeichnet.

Dabei ist eine Wiederverwendung gebrauchter Geräte gemäß der Abfallhierarchie einer Verwertung vorzuziehen. Im Jahr 2021 gingen von 1,006 Mio. t gesammelten Elektroschrott allein durch den Export etwa 300000 t und damit auch größere Mengen an Roh- und Wertstoffen verloren.

Die Praxis

In großen Häfen wie in Hamburg wird Elektroschrott wohl auf folgenden Wegen illegal ausgeführt: Container mit gebrauchten Elektrogeräten werden falsch deklariert, gebrauchte Elektrogeräte werden unter Elektroschrott oder Metallspänen versteckt. Solche Späne aus Aluminium oder Stahl gelten nach der Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis von 2001 in Verbindung mit den LAGA-Vollzugshinweisen von 2018 als weniger gefährlich, solange keine Kühlschmierstoffe anhaften.

Auf diesem Weg werden nach Angaben des Teams von Cornelis Peter Baldé von der Universität der Vereinten Nationen in Bonn aus der EU jährlich 2,1 kg Elektroschrott pro Einwohner illegal ausgeführt. Allein für Deutschland ergibt dies eine Menge von 176 000 t jährlich [1].

Das Problem: Der Zoll kann aufgrund von Personalmangel die große Anzahl an Containern nur punktuell kontrollieren und muss den beiliegenden Dokumenten daher Glauben schenken.

Tipps für Deutschland

Elektroschrott auszuführen ist nicht nachhaltig, da hierbei Roh- und Wertstoffe verloren gehen. Nur wenn Elektroschrott in Deutschland ordnungsgemäß behandelt wird, resultiert daraus eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft.

Und dies wird bereits praktiziert: Bei der Scheideanstalt ESG Edelmetall-



Ansicht der Deponie Olusosum in Lagos, Nigeria. Grafik: Software Fieldmaps/Borgmann

Service GmbH & Co. KG in Rheinstetten, Baden-Württemberg, zerlegen Fachkräfte Elektroschrott mit den richtigen Werkzeugen unter Einhaltung der Arbeits- und Umweltschutzgesetze. Die Wiedergewinnung von Wertstoffen wie seltenen Metallen erfolgt dann dort. Doch von diesen Unternehmen gibt es nur Wenige.

Eine Lösung wäre, gäbe es für die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten eine erweiterte Produktverantwortung über den gesamten Lebensweg ihrer Produkte. Dann könnten die Kosten der ordnungsgemäßen Behandlung gebrauchter Produkte in den Preis der Neuware eingepreist werden.

Auch Verbraucherinnen und Verbraucher tragen eine Mitverantwortung: Sie sollten Elektro- und Elektronikgeräten länger nutzen und nicht im Hausabfall entsorgen. Immerhin gehen auf diesem Wege in Deutschland jährlich 1,4 kg Elektroschrott pro Einwohner – also insgesamt rund 117 000 t verloren, weil ein Großteil des Hausabfalls verbrannt wird.

Empfehlungen für Nigeria

Die Müllsammler, die "waste picker", auf Deponien wie in Lagos sollten in der ordnungsgemäßen Behandlung von Elektroschrott ausgebildet werden. Dabei würden sie den Aufbau von Elektro- und Elektronikgeräten verstehen und die enthaltenen Roh- und Wertstoffe kennenlernen. Die rückgewonnenen Roh- und Wertstoffe könnten der lokalen Wirtschaft zugeführt werden. Mögliche Einkom-

mensverluste der Müllsammler sollten von den Herstellern der Elektro- und Elektronikgeräte aus den Industrieländern im Rahmen der erweiterten Produktverantwortung ausgeglichen werden.

Deponien wie in Olusosum sollten zudem gesichert werden, damit die Umweltund Gesundheitsschäden minimiert werden. Mit Baumaschinen könnte der Schrott zu 5 bis 10 m hohen Halden zusammen geschoben werden. Jede Halde sollte von allen vier Seiten erreichbar sein. Das Grundwasser im Abstrom sollte regelmäßig kontrolliert werden. Die Finanzierung der Sicherung sollte von den Herstellern der Elektro- und Elektronikgeräte im Rahmen der erweiterten Produktverantwortung erfolgen.

www.scycle.info

Literatur

[1] Baldé, C. P. et al.: In-depth review of the WEEE collection rates and targets in the EU-28, Norway, Switzerland and Iceland. 2020, United Nations University (UNU) / United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), co-hosting the SCYCLE Programme, Bonn.



Andreas Borgmann

Selbstständiger Umweltberater andreas.borgmann@

Foto: Borgmann

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

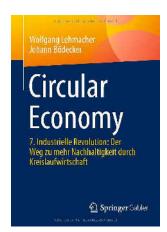


Foto: Springer Gabler

Circular Economy

Wolfgang Lehmacher, Johann Bödecker: Circular Economy. 134 Seiten, Softcover, 37,99 €. Wiesbaden: Springer Gabler, 2023.

ISBN: 978-3-658-41310-1.

Wenn wir unseren Lebensstandard und Lebensraum erhalten wollen, müssen wir radikal umdenken und unsere Wirtschaft neu gestalten. Gefragt ist eine zirkuläre, umwelt-zentrierte Wirtschaft. Nur wenn es gelingt, bei unserem Handeln auf den Gesamtkomplex Leben Rücksicht zu nehmen, werden wir unseren Planeten erhalten können - und damit unseren Wohlstand und unsere Lebensqualität langfristig sichern. Das Buch beschreibt sehr anschaulich, was Circular Economy für Unternehmen und die gesamte Wirtschaft bedeutet. Zahlreiche Beispiele und strategische Umsetzungsideen bieten einen Einblick in die erfolgreiche Realisierung. Wolfgang Lehmacher ist seit Jahrzehnten als Experte in den Bereichen Supply Chain und Logistik aktiv. Johann Bödecker ist Gründer und CEO von Pentatonic. Sein Beratungsunternehmen, ermöglicht führenden Marken die Produktion und Verwertung kreislaufwirtschaftlicher Produkte.



Foto: DWA

DWA-Themen-band T2/2023

DWA-Bundesgeschäftsstelle (Hrsg.): Umgang mit Bodenmaterial/Bodenaushub im Leitungsbau bei Baumaßnahmen in Entwässerungssystemen – Handlungsempfehlungen für Kommunen, Baufirmen und Ausschreibende. 64 Seiten, E-Book, 90,00 €. Hennef: DWA, 2023. ISBN: 978-3-96862-623-9.

Der Themenband T2/2023 erläutert praxisorientiert die neue Rechtslage und beantwortet die Fragen, wann innerhalb der MantelV das Rechtsregime der BBodSchV maßgeblich ist, unter welchen Voraussetzungen die EBV greift und wo es Spielräume zur Ausgestaltung gibt. Möglichkeiten für die Erarbeitung von Bodenmanagementkonzepten werden aufgezeigt, zum Beispiel unter welchen Umständen der Wiedereinbau von Bodenaushub in der gleichen Baumaßnahme möglich ist, was bei der Bereitstellung und der Zwischenlagerung von Bodenaushub zu beachten ist oder wie Bodenaushub der Wiederverwertung zugeführt werden kann. Der Band ist eine Hilfestellung für Ausschreibende, indem er die neue Rechtslage praxisorientiert erläutert und für die Erarbeitung von Bodenmanagementkonzepten die Möglichkeiten aufzeigt.



Foto: Narr Francke Attempto Verlag

Wasserstofftechnologie

Fritz Dieter Erbslöh: Wasserstofftechnologie. 310 Seiten, Hardcover, 69,80 €. Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag, 2023. ISBN: 978-3-8169-3533-9.

Dem Wasserstoff kommt bei der Umsetzung der Energiewende und der Erreichung der Klimaziele als alternativem Energieträger, der CO2-frei oder CO2-arm produziert werden kann, eine Schlüsselrolle zu. Das Buch gibt Einblicke in die technischen Herstellungsverfahren und Speicherung. Es zeigt auf, welche Rolle der Technologie im Rahmen der Energiewende zukommt und welche Anwendungen zukünftig wichtig sein werden.

Inhalt:

- Die frühe Geschichte
- · die Technik
- Wandler für Wasserstoff
- Perspektiven der Anwendung
- Wasserstoff und die Energiewende
- energiepolitische Weichenstellungen.



Foto: Edition Michael Fischer

Hoch die Hände, Klimawende!

Gabriel Baunach: Hoch die Hände, Klimawende! 304 Seiten, Softcover, 18,00 €. Igling: Edition Michael Fischer GmbH, 2023.

ISBN: 978-3-7459-1842-7.

Gabriel Baunach trifft mit diesem Buch den Kern des Themas: gute Lösungen statt schlechtes Gewissen! Mehr "jute" Politik als Jutebeutel! Schlau machen, Mund aufmachen und den Handabdruck nutzen - all hands on deck! Die Wahrheit ist aber, mit individuellen CO₂-Spartipps lässt sich die Erderhitzung nicht stoppen. Daher: Schluss mit der Ohnmacht! Statt den Fokus auf unwesentliches Konsum-Kleinklein und ein kollektives schlechtes Gewissen zu legen, braucht es wirkungsvollere Hebel. Mit dem neuen Konzept des Klima-Handabdrucks kann iede*r Einzelne mehr Tonnen CO₂ einsparen, als er oder sie selbst verursacht. Ob im privaten Alltag, im Beruf, beim gesellschaftlichen Engagement oder mit der politischen Stimme - überall bieten sich Möglichkeiten, die eigenen Ressourcen, Talente, Rechte und Kontakte zum Klimaschutz im großen Stil einzusetzen.



Das TechnikKarriereNews-Portal für Ingenieur*innen.

Testen Sie Ihr Gehalt.

Mit dem Gehaltstest für Ingenieurinnen und Ingenieure überprüfen Sie schnell, ob Ihr Einkommen den marktüblichen Konditionen entspricht. Er zeigt Trends auf und gibt Ihnen Orientierung, z. B. für Ihr nächstes Gehaltsgespräch.

Und Ihre individuelle Auswertung können Sie jederzeit bequem aktualisieren.

JETZT KOSTENFREI TESTEN UNTER: WWW.INGENIEUR.DE/GEHALT



- · Erweiterter Blitzschutz erhältlich
- · Analoge & digitale Schnittstelle kombinierbar
- Skalierbarer Analogausgang (Turn-Down)
- Für langjährigen wartungsfreien Betrieb