

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

Digitalisierung als Enabler

TITELTHEMA

Mit KI zu mehr
Nachhaltigkeit

INTERVIEW

Prof. Claus Mattheck –
Leichtbau nach der Natur

GREEN DEAL

Welche Auswirkungen
hat er auf die Industrie?

Fundiertes Fachwissen für Ihr Team!



Die digitale Unternehmenslizenz

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

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



Wir beraten Sie gern:

Ramona Wendler

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



**NACHHALTIGE
INDUSTRIE**



Martina Klein
Redakteurin

Selbstverständlich nachhaltig

Liebe Leserinnen und Leser, wie wirkt sich die Digitalisierung auf die Umwelt aus? Die Produktion und der Einsatz von Soft- und Hardware rund um die Digitalisierung verursachen beträchtliche Emissionen und einen immensen Ressourcenverbrauch. Um diese negativen Umweltauswirkungen zu minimieren, gibt es vielfältige Ansatzpunkte: Beispiele sind Hardware- und Software-Recycling, Produkte auf eine hohe Lebensdauer auszulegen oder Rechenzentren so zu bauen, dass natürliche Umgebungsbedingungen zur Kühlung nutzbar werden ...

Selbstverständlich gilt es, Reboundeffekte zu vermeiden. Denn wird etwas einfacher, komfortabler oder ressourcenschonender, neigen wir Menschen dazu, immer mehr davon zu wollen – und machen so mögliche Einsparungen zunichte. Was es braucht, um die Digitalisierung nachhaltig zu gestalten, darauf geht Rebecca Tauer vom WWF in ihrem Kommentar ab Seite 26 ein.

Insgesamt haben wir im Titelthema dieser Ausgabe die Chancen und Möglichkeiten in den Blick genommen, die die Digitalisierung als Enabler für Nachhaltigkeit eröffnet. Diese sind äußerst vielversprechend: So kann zum Beispiel der Einsatz künstlicher Intelligenz Unternehmen auf unterschiedlichen Ebenen dabei unterstützen, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Mehr darüber erfahren Sie im Beitrag des Deutschen Forschungsinstituts für Künstliche Intelligenz (DFKI) ab Seite 10. Die Arbeitsgruppe „Digitale Geschäftsmodelle“ der Plattform Industrie 4.0 hat zehn Thesen aufgestellt, wie digitale Geschäfts-

modelle Nachhaltigkeit in der Industrie 4.0 fördern. Mehr erfahren Sie auf Seite 9.

Im Zusammenhang mit Digitalisierung hört man heute zum Glück häufiger, Nachhaltigkeit müsse von Anfang an mitgedacht werden. Ich würde hier sogar noch einen Schritt weiter gehen und sagen: Um alle Vorteile zu erschließen und am Ende einen messbaren positiven Effekt zu erzielen, muss die Nachhaltigkeit ganz oben auf die Agenda, egal um welche Technologien oder Themen es geht. Sie muss einfach zur Selbstverständlichkeit werden. Technologien sind grundsätzlich nicht schwarz oder weiß, sondern es kommt immer darauf an, mit welcher Intention man sie nutzt.

Dass es maßgeblich auf die Einstellung und Haltung ankommt, sieht auch der Bionik-Pionier, Physiker und Baumpapst Prof. Claus Mattheck so. Seine interessante Lebensweisheit: Wenn man seine Kunden liebt, dann ergibt sich die Nachhaltigkeit von ganz allein! Ich habe mit ihm über seine Denkwerkzeuge gesprochen und darüber, was Konstrukteure von der Natur lernen können. Ein äußerst inspirierendes Gespräch, das bei mir bis heute nachhallt. Das Interview finden Sie ab Seite 28.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre, von der Digitalisierung bis zur Mechanik.

Ihre

INHALT

EDITORIAL

3 ENERGIE & ROHSTOFFE 38

TITELTHEMA

10

Oliver Zielinski / Christiane Plociennik / Sebastian Vollmer
MIT KI AN DER STELLSCHRAUBE NACHHALTIGKEIT
DREHEN

Doris Meurer

MIT INDUSTRIE 4.0 ZU MEHR NACHHALTIGKEIT
IN DER PRODUKTION

16

Joachim Wolf

TRANSPARENTE LIEFERKETTE DANK
ÜBERGREIFENDER IT-LÖSUNG

20

Rebecca Tauer

DIGITALISIERUNG IST NICHT PER SE NACHHALTIG

26

KONSTRUKTION & PRODUKTION

28

Interview mit Claus Mattheck

LEICHTBAU NACH DER NATUR ODER "ICH SEHE
ÜBERALL ZUGDREIECKE"

BETRIEBSTECHNIK & LOGISTIK

34

Marc-Oliver Prinzing

BETRIEBLICHE MOBILITÄT NACHHALTIGER GESTALTEN

Peter Orth

KUNSTSTOFFFREZYKLAT: AUFKOMMEN UND EINSATZ
ERHÖHEN

ABFALL & EMISSIONEN

42

Resourcify

MEHR EFFIZIENZ UND TRANSPARENZ IM
ABFALLMANAGEMENT

COMPLIANCE & REPORTING

46

Boris Scholtka / Karl Holtkamp / Simon Meyer

WASSERSTOFF – SCHLÜSSEL DER ENERGIEWENDE?

Julian Schorpp

WIE DIE EUROPÄISCHE KLIMAPOLITIK DIE
WIRTSCHAFT UMWÄLTZT

52

NEWS

6

PRODUKTE

56

IMPRESSUM

58



10

▶ Mit KI an der Stellschraube Nachhaltigkeit drehen

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz forscht in zahlreichen Projekten rund um das Thema nachhaltige KI-Methoden.



▶ Betriebliche Mobilität nachhaltiger gestalten

Der Bundesverband für Fuhrparkmanagement hat eine Europäische Zertifizierung für nachhaltige Unternehmensmobilität entwickelt.

16

▶ Mit Industrie 4.0 zu mehr Nachhaltigkeit in der Produktion

Industrie 4.0 eröffnet neue Möglichkeiten in den Bereichen Prozessoptimierung, intelligente Vernetzung und Datenmanagement.

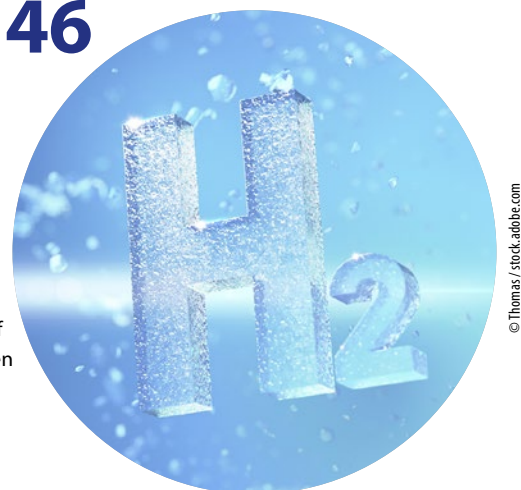


34

46

▶ Wasserstoff – Schlüssel der Energiewende

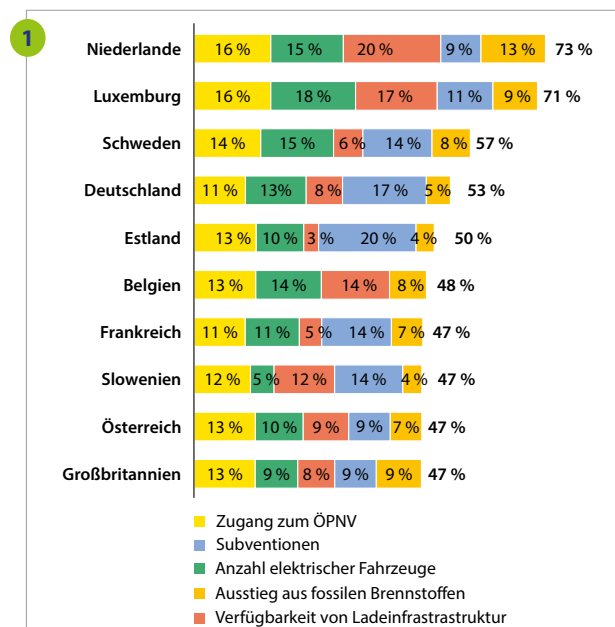
Für den Hochlauf von Wasserstoff wird ein konkreter Rechtsrahmen benötigt.





GRÜNE MOBILITÄT IN EUROPA

1 Eine Studie des Schnellladeinfrastrukturanbieters Heliox hat den Weg zur grünen Mobilität europäischer Länder analysiert. Dafür wurden die wichtigsten Kategorien betrachtet, die mit der grünen Mobilitätswende im Zusammenhang stehen: öffentlicher Personennahverkehr, Anteil elektrischer Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, Subventionen und der Ausstieg aus fossilen Energien. Kleine Länder scheinen das Netto-Null-Ziel schneller zu erreichen als vermeintliche europäische Vorreiter wie Deutschland oder Frankreich. Die Niederlande und Luxemburg sind der Studie zufolge die grünsten Länder im Hinblick auf nachhaltige Mobilität. In allen Kategorien erhalten sie die höchsten Punktzahlen und vor allem das Netz an Ladestationen sticht positiv hervor. Schweden und Deutschland setzen sich leicht von der Verfolgergruppe ab und schneiden beim Thema Subventionen besser ab. Die Top 10 wird von Estland, Belgien, Frankreich, Slowenien, Österreich und dem Vereinigten Königreich vervollständigt.



► Weitere Informationen: <https://de.heliox-energy.com/blog/gruene-mobilitaet-studie>

UNO VEREINT GEGEN PLASTIKMÜLL

2 Die UNO will vereint gegen Plastikmüll vorgehen und einen weltweiten Vertrag gegen Plastikver-

schmutzung auf den Weg bringen. Verantwortliche aus 175 Nationen haben auf der UN-Umweltversammlung (UNEA-5) in Nairobi eine Resolution zur Beendigung

der Plastikverschmutzung und zum Abschluss eines internationalen rechtsverbindlichen Abkommens bis 2024 gebilligt. Die Resolution befasst sich mit dem

gesamten Lebenszyklus von Kunststoff, einschließlich seiner Herstellung, Gestaltung und Entsorgung. Zudem soll durch eine verstärkte internationale



© stylefoto24 / stock.adobe.com

Zusammenarbeit der Zugang zu Technologie erleichtert werden. Geplant ist ein Verhandlungsausschuss (INC), der seine Arbeit noch in diesem Jahr aufnehmen wird, mit dem Ziel, bis Ende 2024 einen Entwurf für ein globales rechtsverbindliches Abkommen fertigzustellen.

► *Weitere Informationen:*
<https://www.unep.org/>

LEHMANN-UMT INVESTIERT IN NACHHALTIGKEIT

Der vogtländische Familienbetrieb Lehmann-UMT investiert insgesamt 2,5 Millionen Euro in Nachhaltigkeit und Standortsicherheit.

Zu den Investitionsprojekten gehört unter anderem die neue Produktmarke StingR, ein Feinstfiltersystem zur Aufbereitung von Kühlschmierstoffen, Ölen und wässrigen Lösungen in Metallbearbeitungsprozessen. Neben der Entwicklung des neuartigen Filters, wurde in den Aufbau einer komplett neuen Fertigungslinie investiert. Darüber hinaus wurde ein neues ganzheitliches Energiekonzept entwickelt. Die Kombination aus elektrischer PV-Anlage, Wärmepumpe und Puffer-Batteriespeicher ermöglicht es, neben der Erzeugung von Wärmeenergie, die



© xiaoliange / stock.adobe.com

Eigenstromversorgung zu unterstützen. Die Photovoltaik-Anlage wird auf den Dächern der Fertigungshallen installiert und der Strom in diesen genutzt. Durch die Nutzung von Sonnenenergie will das Unternehmen seinen Energiebedarf im Bereich der Beschaffung mehr als halbieren und seinen CO₂-Abdruck wesentlich verringern.

► *Weitere Informationen:*
<https://www.lehmann-umt.>

CO₂-FREIE LITHIUM-FÖRDERUNG

4 Das Unternehmen Vulcan Energie Ressourcen GmbH will CO₂-neutrales Lithium aus geothermischen Quellen gewinnen. Mit einem neuen Laborstandort in Karlsruhe-Durlach hat das Unternehmen nun die analytische Labortechnik erweitert. Sämtliche Kompetenzen sollen künftig intern gebündelt und eine Effizienzsteigerung der Prozesse ermöglicht werden. Der neue Standort soll vor allem

in der Feinanalyse bestimmter Prozesse neue Erkenntnisse liefern und eine zügige Skalierung der eigens entwickelten Technologie vorantreiben. Um weitere Optimierungen, insbesondere im Filterprozess der Lithium-Ionen aus dem Thermalwasser gewährleisten zu können, sollen spezifische Tests nun in das neue Labor verlagert werden. Vulcan will damit sein Prozessverständnis vertiefen, um die Produktion der Pilotanlage schrittweise zu kommerzialisieren. Das Labor in Durlach ergänzt die Laborkapazitäten am Standort der Pilotanlage zur Lithiumgewinnung. Erst kürzlich erwarb Vulcan das Geothermiekraftwerk in Insheim. Bereits 2024 sollen die ersten industriellen Lieferungen starten.

► *Weitere Informationen:*
<https://v-er.eu/de/>



© Photos.com



© Alpha / Steffen Mainka

ALPHA GROUP KAUFT ZU

5 Das Unternehmen Alpha verstärkt sein Engagement auf dem deutschen Recycling-Markt. Durch die vollständige Übernahme des Unternehmens Texplast mit Standort Bitterfeld-Wolfen, bisher Teil der Fromm-Gruppe, sowie des gemeinsamen Joint Ventures PET Recycling Team Wolfen vervielfacht der international tätige Spezialist für Verpackungslösungen und Recycling seine Kapazität. Das Unternehmen investiert so in Qualität und Verfügbarkeit von PET-Rezyklat für den deutschen „Bottle-to-Bottle“-Kreislauf. Nach der im

Oktober 2021 erfolgten Akquisition von BTB Recycling steigert Alpha das Verarbeitungsvolumen in Deutschland auf insgesamt rund 75.000 Tonnen PET-Input. Davon entfallen 55.000 Tonnen auf Texplast und das PET Recycling Team Wolfen und 20.000 Tonnen auf BTB. Anfang des Jahres 2021 hatte die Alpha Group angekündigt, bis 2025 jährlich durchschnittlich 50 Millionen € in den weiteren Ausbau der Recyclingaktivitäten zu investieren. Geplant ist vor allem die Internationalisierung der Maßnahmen für hochqualitative Rezyklate, um Wertstoffkreisläufe in

möglichst vielen Regionen zu schließen.

► *Weitere Informationen:*
<https://apla.com>

REGIONALE KOOPERATIONSNETZWERKE

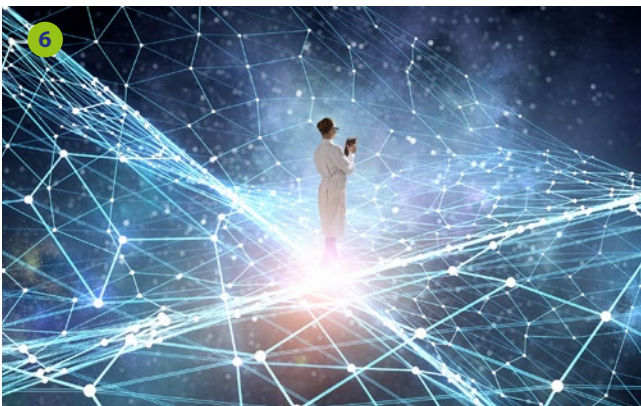
6 Nachhaltigkeit und Digitalisierung sind die Themen unserer Zeit und können – zusammen gedacht – ökologische, soziale und ökonomische Vorteile für Unternehmen schaffen. Als Zukunftsthemen erscheinen sie jedoch oft zu groß für ein einzelnes Unternehmen, dabei gibt es einfache Möglichkeiten und kleine Stellschrauben, sich zukunfts-fähiger und resilienter aufzustellen. Die Kompetenzplattform für Nachhaltigkeit und Digitalisierung im Mittelstand „nachhaltig.digital“, ein Gemeinschaftsprojekt des B.A.U.M. e.V. und der DBU, bietet mit „nachhaltig.digital-Bausteinen“ Hilfestellung für KMU und Kommunen und zeigt Potenziale sowie erste Schritte für regionale

Kooperationsnetzwerke auf. Themenfelder sind unter anderem Bildung von Netzwerken sowie Umsetzung von Kooperationen, digitale Tools sowie Einsatzbereiche.

► *Weitere Informationen:*
<https://nachhaltig.digital>

BAUSEKTOR MIT KREISLAUFWIRTSCHAFT

7 Die Jokey Group hat in Polen gemeinsam mit Henkel Adhesives Technologies und Akpol, einem polnischen Spezialisten für Kunststoffrecycling, eine Kooperation gestartet. Die Zusammenarbeit zielt darauf ab, die Kreislaufwirtschaft sowohl in der Kunststoffindustrie als auch im Bausektor voranzutreiben und Nachhaltigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiter zu verfestigen. Die drei Unternehmen sind bereits seit 2021 in einem Pilotprojekt mit vollständig kreislauffähigen Verpackungen aktiv. Mit dem Projekt werden die Möglich-



© Sergey Nivens / stock.adobe.com



© Jokey

43 %

Laut einer aktuellen Umfrage unter 4.000 Führungskräften weltweit haben 43 % der Unternehmen einen Chief Sustainability Officer.

Quelle: Accenture CXO Survey 2021

41,1 %

Nach Zahlen des Statistischen Bundesamts wurden 2020 nur 1 Million t Elektroschrott in Deutschland gesammelt. Damit liegt die Sammelquote mit 41,1 % deutlich unter dem gesteckten Ziel von 65 %. Quelle: Deutsche Umwelthilfe e. V.

keiten von Closed Loops erkundet, bei denen Rohstoffe in streng geschlossenen Kreisläufen gehalten werden. Henkel füllt Bauprodukte für den polnischen Markt in Rezyklateimern von Jokey ab, zu denen Akpol die durch Recycling zurückgewonnenen Rohstoffe liefert. Diese stammen aus einem maßgeschneiderten Sammelsystem. Dabei werden gebrauchte Jokey-Eimer gezielt von Baustellen abgeholt und zur Wiederverwertung an Akpol geliefert. Das Unternehmen gewinnt daraus durch mechanisches Recycling hochwertiges Post-Consumer-Rezyklat zurück und liefert dieses wieder an Jokey zur Herstellung neuer Rezyklateimer.

► *Weitere Informationen:*
<https://jokey.com>

ZEHN THESEN FÜR EINE NACHHALTIGE INDUSTRIE 4.0

8 Der deutschen Industrie kommt eine besondere Verantwortung zu, den Wandel zu einer ökologisch wie sozial nachhaltigen Wirtschaft zu

gestalten. Die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung der industriellen Wertschöpfung als Kern von Industrie 4.0 bietet neue Ansätze und Möglichkeiten, Nachhaltigkeit umzusetzen. Das Thesenpapier „Nachhaltige Produktion: Mit Industrie 4.0 die Ökologische Transformation aktiv gestalten“ der Plattform Industrie 4.0 diskutiert, wie digitale Geschäftsmodelle Nachhaltigkeit in der Industrie 4.0 realisieren und steigern

können. Das Papier setzt dabei an zwei komplementären Prämissen an: Die Digitalisierung als einen zentralen Wegbereiter für Nachhaltigkeit in der Industrie zu betrachten und neue digitale Geschäftsmodelle als entscheidenden Hebel zu nutzen, um die Potenziale der Digitalisierung für eine nachhaltige Industrie zu erschließen. Auf Basis dieser beiden Prämissen hat die Arbeitsgruppe „Digitale Geschäftsmodelle“ zehn

Thesen zur Rolle digitaler Geschäftsmodelle für eine nachhaltige Wirtschaft formuliert. Diese Thesen sollen Unternehmen und Politik Impulse und Inspiration geben, um sich mit den Möglichkeiten digitaler Geschäftsmodelle für eine nachhaltige Industrie auseinanderzusetzen.

► *Link zum Thesenpapier:*
<https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Thesen-Nachhaltigkeit-Geschaeftsmodelle.html>

8

Zehn Thesen, wie digitale Geschäftsmodelle Nachhaltigkeit in der Industrie 4.0 fördern

Wertversprechen

1. De-Materialisierung durch Digitalisierung senkt Ressourcenverbrauch
2. Neue nachhaltige Geschäftsmodelle statt nur Ressourceneffizienz
3. Informationsfähigkeit als Wertversprechen nachhaltiger Geschäftsmodelle
4. Balance zw. Profit und Verantwortung für die Gesellschaft

Wertschöpfungsangebote

6. Service- und Nutzungs-basierte Geschäftsmodell-Muster
7. Digitale Marktplätze als Enabler der Nachhaltigkeit

Wertschöpfungsmodell

5. Neue Quantifizierung der Input- und Output-Werte industrieller Wertschöpfung
8. Offene Partnerschaftsmodelle als Treiber zirkulärer Wirtschaftssysteme
9. Management des Rebound-Effekts als Potenzial für Geschäftsmodell-Innovation

10. Richtige politischen Rahmenbedingungen

© Plattform Industrie 4.0

MIT KI AN DER STELLSCHRAUBE NACHHALTIGKEIT DREHEN

OLIVER ZIELINSKI / CHRISTIANE PLOCIENNIK / SEBASTIAN VOLLMER

Künstliche Intelligenz befähigt Unternehmen, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Ein Physiker, eine Germanistin und Informatikerin sowie ein Mathematiker vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz zeigen anhand von Datenmanagement und Kreislaufwirtschaft, wie das funktionieren kann, und plädieren für eine „grüne Governance“ im maschinellen Dialog.

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) ist auf dem Gebiet innovativer Softwaretechnologien, die auf Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) basieren, die führende wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung Deutschlands. In zahlreichen der insgesamt über 400 Forschungsprojekte wird bundesweit an innovativen KI-Methoden gearbeitet, die einerseits zu mehr Nachhaltigkeit in der Gesellschaft führen und andererseits auch die KI selbst nachhaltiger gestalten sollen. Um die Expertise des DFKI auf diesem Gebiet zu bündeln, gibt es seit 2020 das Kompetenzzentrum KI für Umwelt und Nachhaltigkeit, kurz DFKI4planet (www.dfki.de/dfki4planet). (Abb. 1) Im Rahmen dessen werden zahlreiche Themen rund um nachhaltige KI-Methoden erforscht, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Beispiel 1: Die Machine Economy

Maschinen im 21. Jahrhundert sind zunehmend intelligent, vernetzt und können autonom am Marktgeschehen teilnehmen. (Abb. 2) Eine aktuelle Prognose sagt für 2030 über 50 Milliarden vernetzte Endgeräte voraus, von denen mehr als die Hälfte sogenannte „Smart Things“ ausmachen und die alle in den maschinellen Dialog eintreten. [1], [2] Wenn smarte Maschinen in der Lage sind, eigene Vorhersagen über benötigte Zulieferungen oder Reparaturen zu treffen, diese eigenständig anzufragen

und zu bezahlen, dann werden sie zu autonomen Marktteilnehmern und können sektorübergreifend Wertschöpfung transformieren. Die Machine Economy bezeichnet genau dieses wirtschaftlich autonome Handeln von Maschinen in Wirtschaftsprozessen. In einem aktuellen Positionspapier stellen sich die Autorinnen und Autoren die Frage, wie dieser Transformationsprozess ökologisch nachhaltig gestaltet werden kann. [3] Dabei identifizieren sie drei Umweltwirkungen der Machine Economy und stellen sie in den Zusammenhang zu Wertschöpfung und Akteuren. (Abb. 3)

Eine unmittelbare Wirkung ergibt sich durch die zugrunde liegenden Technologien: das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT), Methoden der künstlichen Intelligenz (KI, einschließlich der Analyse großer Datenmengen) und Distributed-Ledger-Technologies (DLT, bekannt insbesondere durch die Blockchain-Technik). Diese drei Technologien benötigen Materialien und Energie für ihren Betrieb. Die Verringerung der Energie und damit der direkten Umweltwirkung digitaler Infrastrukturen ist in den vergangenen Jahren stark in den Fokus gerückt – zum Beispiel in der Green-IT-Debatte –, oft allerdings reduziert auf den Energiebedarf von größeren Rechnerarchitekturen, insbesondere Cloud-Servern. Gerade aber der wachsende Bereich von intelligenten Endgeräten bedarf einer erweiterten Erforschung grüner KI an der „Edge“, also direkt an den smarten Objekten. [4] Digitale Infrastrukturen haben keinen



► Abb. 1 / Im Kompetenzzentrum DFKI4planet geht künstliche Intelligenz mit Umwelt und Nachhaltigkeit Hand in Hand

Selbstzweck, sie sind eine Reaktion auf von Akteuren geschaffene Geschäftsmodelle, die wiederum durch Daten, Analysen und Applikationen ermöglicht werden. Letztere können somit als Treiber der Umweltwirkung angesehen werden, welche den Bedarf an den bereits zuvor erwähnten Technologien erzeugen. Zudem haben neue Geschäftsmodelle in der Machine Economy auch eine indirekte Umweltwirkung, die durch neue physische Elemente, wie zum Beispiel neue Fertigungsanlagen oder Lieferprozesse, entsteht.

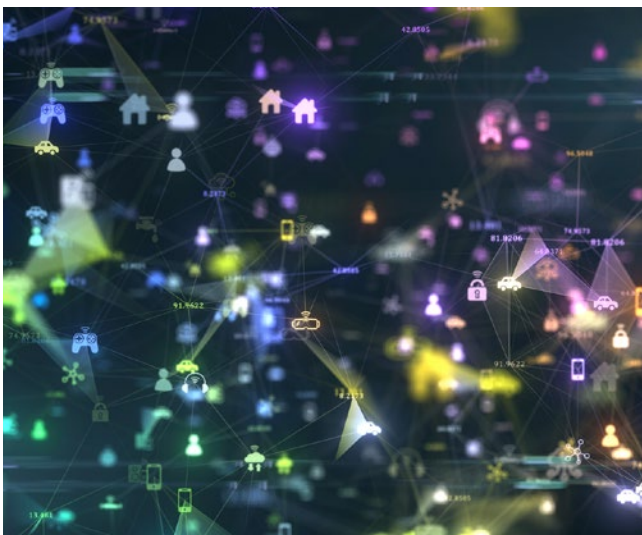
Die dargestellten Wechselwirkungen zeigen deutlich, dass für eine ökologisch positive Wirkung und Gestaltung der aufkommenden Machine Economy eine ganzheitliche Betrachtungsweise nötig ist. Akteure, Treiber, direkte und indirekte Wirkungen greifen eng ineinander und sind weder in ihren separaten Umweltwirkungen derzeit ausreichend bekannt, noch werden die ökologischen Wirkungen des Gesamtsystems ver-

Der wachsende Bereich von intelligenten Endgeräten bedarf einer erweiterten Erforschung grüner KI direkt an den smarten Objekten.

standen. Um diese neuen Mechaniken und Regeln im Gewerk der Machine Economy auf die Nachhaltigkeitstransformation ausrichten zu können, braucht es eine grüne Governance der Machine Economy, also ein ökologisch und nachhaltig orientiertes Zusammenspiel von Technologien für den maschinellen Dialog sowie die damit verbundenen Prozesse und Infrastrukturen. [3]

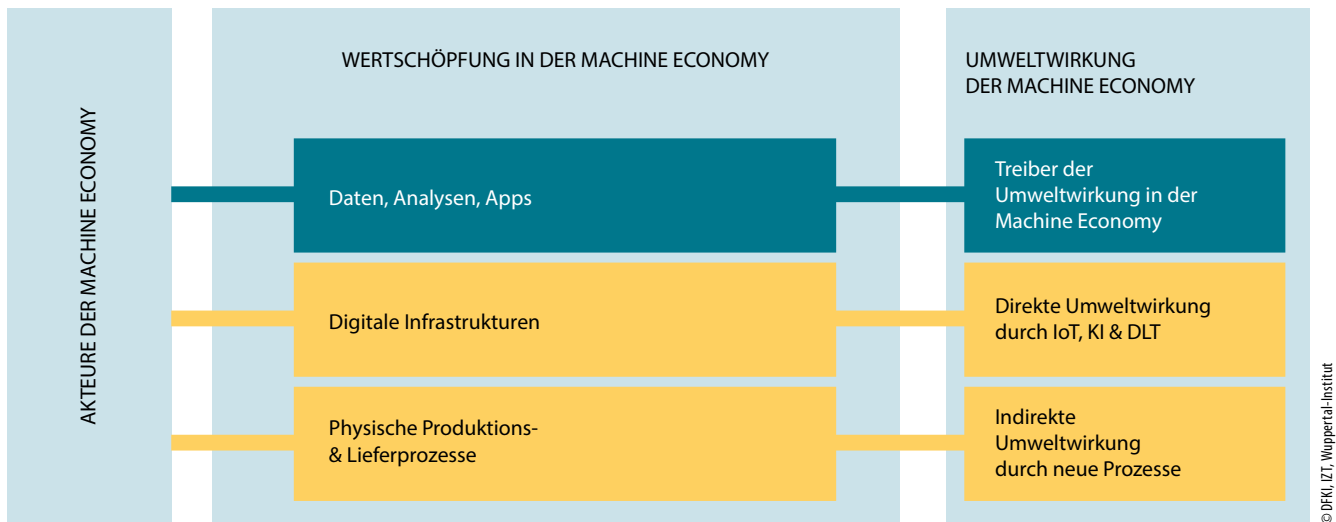
Beispiel 2: Die Kreislaufwirtschaft

Egal ob Auto, Flugzeug, Smartphone, Kühlschrank oder Lederschuh: In fast allen Produkten steckt Kunststoff. Diesen später nachhaltig zu trennen, zu entsorgen und zu recyceln, ist schwierig. Denn zum einen ist er meist kompliziert verbaut, zum anderen erkennen Recyclinganlagen den Kunststoff zum Teil nicht richtig. Mithilfe von künstlicher Intelligenz wird derzeit an einem umfassenden Recyclingverfahren gearbeitet, in dessen



► Abb. 2 / Die Machine Economy beschreibt das wirtschaftlich autonome Handeln smarter Maschinen

► Abb. 3 / Umweltwirkungen in der Machine Economy im Zusammenhang mit Wertschöpfung und Akteuren



Mittelpunkt eine sogenannte Lebenszyklusakte steht, in der alle Daten des Produkts zusammenfließen.

Die Digitalisierung erlaubt es, Daten, die an unterschiedlichen Stellen erhoben werden, zusammenzuführen und miteinander in Beziehung zu setzen. Ein Ziel von Industrie 4.0 ist es, branchenübergreifend Fabriken horizontal und vertikal zu vernetzen. So können Medienbrüche vermieden und die Datendurchgängigkeit verbessert werden. Wenn man diesen Gedanken konsequent in Richtung Nachhaltigkeit weiterdenkt, dann sollte diese Art der Vernetzung jedoch nicht beim Hersteller des Endprodukts aufhören, sondern sich über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts erstrecken. Die Digitalisierung kann damit zum entscheidenden Enabler für eines der wichtigsten Zukunftsthemen der Industrie werden – die Kreislaufwirtschaft.

In einer Welt der begrenzten Ressourcen ist die Transition von einer linearen Wirtschaft zu einer Kreislaufwirtschaft die einzige Möglichkeit, Produktion und Konsum nachhaltig zu gestalten. [5] Die Kreislaufwirtschaft und ihre Digitalisierung werden von der EU im Rahmen des European Green Deals und des Circular Economy Action Plans vorangetrieben. [6], [7] Auch die umweltpolitische Digitalagenda des Bundesumweltministeriums nennt die Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft als wichtiges Ziel. [8] Die Idee hierbei ist, dass nicht nur Produkte, sondern auch die Daten zu den Produkten im Kreis geführt werden – etwa durch eine sogenannte digitale Lebenszyklusakte. [9] Als digitaler Zwilling ist sie die Drehscheibe für alle Daten zum Produkt. Unterschiedliche Stakeholder – von der Auftragsvergabe über die Herstellung bis zur Entsorgung und

Nicht nur Produkte, sondern auch die Daten zu den Produkten werden im Kreis geführt – etwa durch eine sogenannte digitale Lebenszyklusakte.

zum Recycling – können lesend und schreibend auf die Lebenszyklusakte zugreifen. (Abb. 4) Anhand der Daten zur Materialzusammensetzung, die der Hersteller beigesteuert hat, kann der Entsorger dann zum Beispiel seine Sortieranlagen parametrisieren. Daten aus dem Recycling des Produkts helfen wiederum dem Hersteller, sein Produkt recyclingfreundlicher zu gestalten. Der Zugriff erfolgt über eine Cloud-Plattform, die es ermöglicht, feingranulare Zugriffsrechte zu vergeben, damit jeder nur die Daten sieht, die er sehen darf. Dies erlaubt es den Beteiligten, Geschäftsmodelle auf den Daten aufzubauen, indem zum Beispiel der Hersteller künftig nicht nur sein Produkt, sondern auch die Daten dazu verkaufen kann. Die Cloud bietet zudem Dritten das Potenzial, Mehrwertdienste auf Basis der Daten im Sinne einer Plattformökonomie anzubieten. Denkbar sind hier automatisierte Ökobilanzen oder auch das Aufdecken von Inkonsistenzen in den Daten mittels Verfahren der künstlichen Intelligenz. Somit kann die Digitalisierung entscheidend dazu beitragen, Recyclingquoten zu verbessern und die Potenziale der Kreislaufwirtschaft zu heben.

Zusammen mit der TU Darmstadt, dem Fraunhofer IWKS sowie den Firmen GreenDelta und Cirecon arbeitet das DFKI

derzeit in dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz geförderten Projekt ReCircE (Digital Lifecycle Record for the Circular Economy – Transparente Gestaltung von Stoffkreisläufen und Optimierung von Abfallsortierung mithilfe künstlicher Intelligenz) an einem nachhaltigen Recyclingverfahren. (Abb. 5) Die digitale Lebenszyklusakte kann im Rahmen von ReCircE (www.recirce.de) von interessierten Unternehmen erprobt werden und soll langfristig auf andere Branchen übertragbar sein.

Beispiel 3: Das Datenmanagement

Künstliche Intelligenz eröffnet neben der beschriebenen Anwendung in der Kreislaufwirtschaft viele weitere Möglichkeiten: bei Übersetzungstools, der Navigation im Auto, der Kommunikation mit Chatbots beim Online-Einkauf, bei personalisierten Medizinprodukten, smarten Wirtschaftsprüfungstools und nicht zuletzt in der Landwirtschaft. Eine Frage aber gilt für alle Anwendungen: Inwiefern kann KI zur Nachhaltigkeit beitragen?

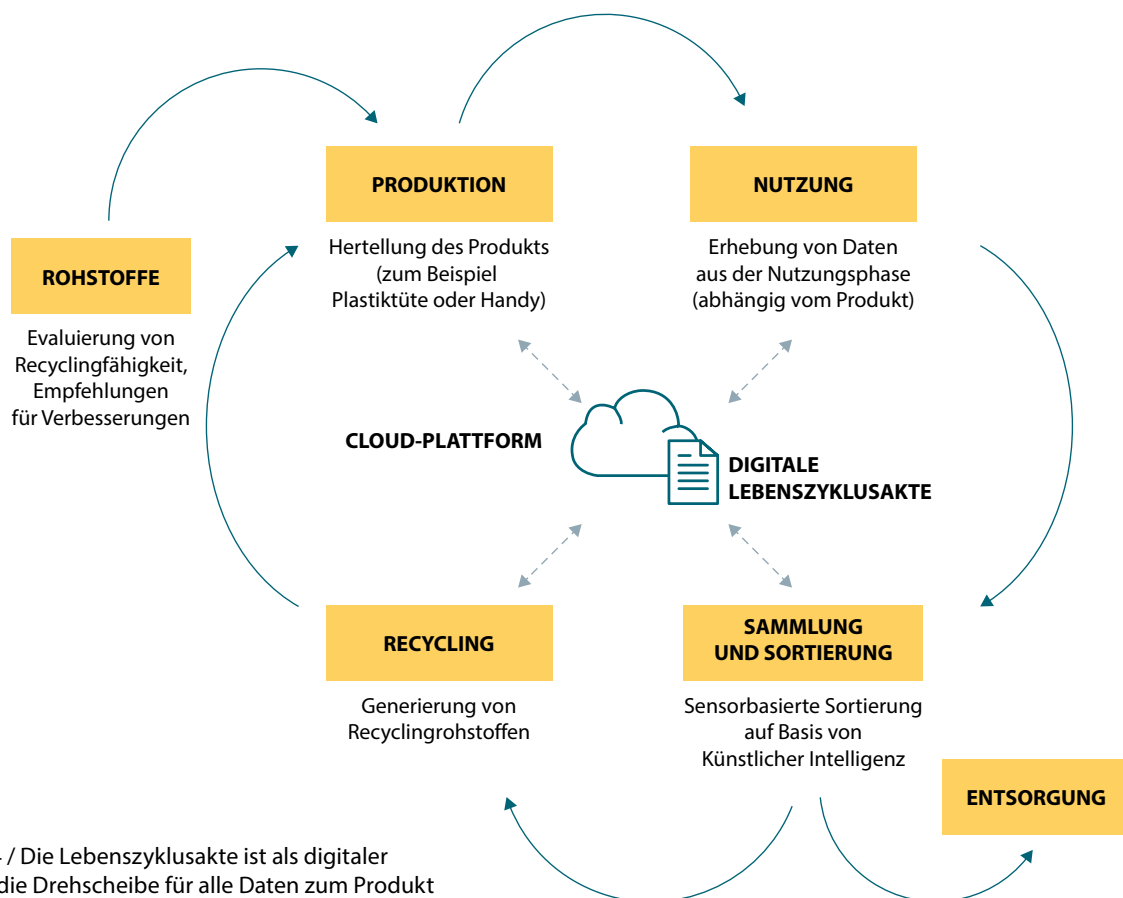
Die gute Nachricht vorweg: KI-Methoden lassen sich wie beschrieben für Fragestellungen im Kontext der Ökologie und Ressourcenschonung sehr gut einsetzen – sofern einige Grundbedin-

INFO

HORIZONTALE UND VERTIKALE VERNETZUNG

Horizontal meint dabei die Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette, also zum Beispiel vom Zulieferer zum Hersteller des Endproduktes; vertikal meint das Ineinanderfließen von Prozessen innerhalb eines Betriebes. Wichtig ist, dass Daten mit Austauschformaten erfasst und weitergegeben werden, die für unterschiedliche Systeme lesbar sind.

gungen berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist es aus einer technischen Perspektive heraus betrachtet irrelevant, ob eine KI-Methode zur Profitmaximierung oder Ressourcenschonung wie der Reduktion von Müll- oder Treibhausgasen genutzt wird. In beiden Fällen ist die Voraussetzung für das Gelingen der Anwendung, dass Einsparpotenziale erkannt und Prozessabläufe verbessert oder kontinuierlich optimiert werden können. Damit die Anwendungsentwicklung zielführend ist und nicht an der falschen Stelle optimiert wird, benötigt man eine gute Datengrundlage. Hier gilt die Regel „Garbage in = Garbage out“, was bedeutet, dass ein Systemergebnis nur so gut sein kann wie die Daten,



© DFKI

► Abb. 4 / Die Lebenszyklusakte ist als digitaler Zwilling die Drehscheibe für alle Daten zum Produkt



► Abb. 5 / Multi-Sensor-Sortieranlage am Fraunhofer IWKS im bayerischen Alzenau

mit denen es gefüttert wird. Dabei sind nicht zwingend immer viele Daten notwendig, manchmal ist Qualität entscheidender als Quantität.

Folgendes Beispiel soll den Zusammenhang erläutern: Bei der zeit- und kostenintensiven Schätzung des CO₂-Fußabdrucks von Lebensmitteln wurde festgestellt, dass Lammfleisch aus Neuseeland eine bessere CO₂-Bilanz haben kann als Fleisch aus Deutschland. [10], [11] Dieses durchaus überraschende Ergebnis zeigt, dass Menschen, die in Deutschland leben und aus einem Nachhaltigkeitsbewusstsein heraus regionales Lammfleisch kaufen, offenbar eine nachhaltigere Alternative hätten, was ihnen jedoch nicht zwangsläufig bewusst ist. Die Schätzung des CO₂-Fußabdrucks alleine, unabhängig davon, wie genau sie ist, wirkt also erst dann positiv und nachhaltig, wenn sie den Konsumentinnen und Konsumenten bekannt ist. [12] Übertragen auf die Konzeptionierung und Entwicklung von KI-Systemen verdeutlicht dies, dass es nicht einzig auf die korrekte Vorhersage ankommt – oftmals ist auch eine ungefähre Schätzung ausreichend –, sondern die Vorhersagen immer auch im Ergebnis zu einer effektiven Verbesserung führen müssen. Dazu müssen Projekte vorab genau definiert, geplant und evaluiert werden, um ungewollte Nebeneffekte auszuschließen.

Ein anderes, fiktives Beispiel ist die smarte Müllabfuhr, die mittels bedarfsabhängiger Abholung die Fahrtstrecken reduziert, um Kosten zu senken. Ohne detaillierte Vorabplanung könnten der ungewollte Nebeneffekt unsachgemäßer Müllent-

Damit die Anwendungsentwicklung zielführend ist, benötigt man eine gute Datengrundlage. Hier gilt die Regel „Garbage in = Garbage out“, was bedeutet, dass ein Systemergebnis nur so gut sein kann wie die Daten, mit denen es gefüttert wird.

sorgung sowie Frust bei der Müllabfuhr und den Bürgerinnen und Bürgern entstehen.

Natürlich lässt sich die Nachhaltigkeit eines Unternehmens auch beziehungsweise zusätzlich stärken durch Maßnahmen, die ganz ohne KI auskommen, wie etwa Solaranlagen, Mobility Budget anstatt Firmenwagen oder Carbon-Offsetting. Letzteres erlaubt den Ausgleich von einer Tonne CO₂ (entspricht 5000 km mit einem Benziner) durch 23 Euro. [13]

Für ein erfolgreiches Anwenden von KI ist ein tiefes Verständnis des jeweiligen Prozesses und der dazugehörigen Stell-schrauben unabdingbar. Innerhalb eines Unternehmens ist es daher ratsam, zunächst Vertrauen zu schaffen, indem kleinere Projekte durch KI optimiert werden, deren positive Bilanz einfach und verständlich dargestellt werden kann. Diese Herangehensweise ist keinesfalls als eine Optimierung zweiter Klasse zu verstehen, denn viele kleine Veränderungen können zu einer großen Wirkung beitragen.

Durch Initiativen wie DFKI4planet, grünere Rechenzentren und das Data Science for Social Good Programm trägt das DFKI zur Transformation in Richtung Nachhaltigkeit bei. [14], [15] ↗

Literaturhinweise

[1] Number of internet of things (IoT) connected devices worldwide in 2018, 2025 and 2030. Online: <https://www.statista.com/statistics/802690/worldwide-connected-devices-by-access-technology>, aufgerufen am 14.01.2022

- [2] Cisco Annual Internet Report 2018—2023). Online: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>, aufgerufen am 14.01.2022
- [3] Wurm, D.; Zielinski, O.; Lübben, N.; Jansen, M.; Ramesohl, S.: Wege in eine ökologische Machine Economy: Wir brauchen eine ‚Grüne Governance der Machine Economy‘, um das Zusammenspiel von Internet of Things, Künstlicher Intelligenz und Distributed Ledger Technology ökologisch zu gestalten. In: Wuppertal Report No 22 (2021). Online: https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/Positionspapier_WEGE-IN-EINE-ÖKOLOGISCHE-MACHINE-ECONOMY-1.pdf, aufgerufen am 14.01.2022
- [4] Zielinski, O.: Grüne Künstliche Intelligenz, Gastbeitrag für ThePioneer, (2021). Online: <https://www.dfki.de/web/news/gruene-kuenstliche-intelligenz>, aufgerufen am 14.01.2022
- [5] Berg, H.; Bendix, P.; Jansen, M.; Blévenec, K. L.; Bottermann, P.; Magnus-Melgar, M.; Pohjalainen, E.; Wahlström, M.: Unlocking the potential of Industry 4.0 to reduce the environmental impact of production (2021)
- [6] The European Commission, The European Green Deal. Online: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF (2019)
- [7] The European Commission, The Circular Economy Action Plan. Online: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-1aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF (2020)
- [8] Digitalagenda. Online: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/broschuere_digitalagenda_bf.pdf (2020)
- [9] Plociennik, C.; Pourjafarian, M.; Nazeri, A.; Windholz, W.; Knetsch, S.; Rickert, J.; Ciroth, A.; do Carmo Precci Lopes, A.; Hagedorn, T.; Vogelgesang, M.; Benner, W.; Gassmann, A.; Bergweiler, S.; Ruskowski, M.; Schebek, L.; Weidenkaff, A.: Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. Akzeptiert zur Veröffentlichung bei der 29. CIRP Life Cycle Engineering Conference (2022)
- [10] Ökobilanz von Lebensmitteln. Online: <https://www.ugb.de/lebensmittel-im-test/oekobilanz-fuer-lebensmittel-regional-nur-zweite-wahl>, aufgerufen am 17.01.2022
- [11] Online: <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>, aufgerufen am 17.01.2022
- [12] Online: <https://www.turing.ac.uk/research/publications/data-study-group-final-report-codecheck>, aufgerufen am 20.01.2022
- [13] Online: https://www.atmosfair.de/en/faqs/on_co2_calculation, aufgerufen am 17.01.2022
- [14] Online: <https://www.dfki.de/web/forschung/kompetenzzentren/ki-fuer-umwelt-und-nachhaltigkeit>, aufgerufen am 20.01.2022
- [15] Online: <https://sebastian.vollmer.ms/dssg> und <https://www.dfki.de/web/forschung/forschungsbereiche/data-science-und-ihre-anwendungen/data-science-for-social-good>, aufgerufen am 17.01.2022

DANKSAGUNG

Wir danken der Grafikerin Annemarie Popp sowie den beiden Co-Autorinnen Laura Maria Schaal und Simone Wiegand für ihre Unterstützung.



PROF. DR. OLIVER ZIELINSKI

leitet am DFKI-Labor Niedersachsen den Forschungsbereich Marine Perception sowie das Kompetenzzentrum Künstliche Intelligenz (KI) für Umwelt und Nachhaltigkeit, kurz DFKI4planet. An der Universität Oldenburg hat der promovierte Physiker und Meeresforscher eine Professur für Marine Sensorsysteme inne. Zielinskis Forschungsgebiet umfasst die Umweltphysik von aquatischen Ökosystemen. Sein Fokus liegt auf der Verbindung von Umweltforschung mit intelligenten Technologien.



DR. CHRISTIANE PLOCIENNIK

studierte Informatik und Germanistik an der Technischen Universität Chemnitz und promovierte an der Universität Rostock im Themengebiet Ubiquitous Computing. Seit 2015 ist sie Senior Researcher am DFKI in Kaiserslautern. Dort widmet sie sich den Themen Mensch-Technik-Interaktion, digitales Wissensmanagement, KI in der Fabrik und grüne KI.



PROF. DR. SEBASTIAN VOLLMER

leitet am DFKI Kaiserslautern den Forschungsbereich Data Science und ihre Anwendungen. Nach Aufhalten in Großbritannien an den Universitäten Warwick und Oxford sowie dem Alan Turing Institute, hat er seit Oktober 2021 eine Professur im Fachbereich Informatik an der TU Kaiserslautern inne. Vollmer studierte Mathematik in Göttingen und England. Sein Forschungsschwerpunkt ist der interdisziplinäre Ansatz zwischen Informatik, Mathematik, Sozialwissenschaften und Naturwissenschaften.

MIT INDUSTRIE 4.0 ZU MEHR NACHHALTIGKEIT IN DER PRODUKTION

DORIS MEURER

Umweltaspekte werden im Kontext der digitalen Transformation der industriellen Produktion – kurz Industrie 4.0 – bislang nur sehr wenig oder am Rande betrachtet und beschränken sich zumeist auf Material- oder Energieeffizienz. Dabei ist hier großes Potenzial vorhanden.

Der Schwerpunkt der Aktivitäten und Forschungsarbeiten, die derzeit in Deutschland zu Industrie 4.0 stattfinden, liegt im Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automatisierungs- und Elektrotechnik. Kernthemen sind die Standardisierung im technischen und digitalen Bereich und die Herstellung einer durchgehenden Interoperabilität betriebsintern, das heißt zwischen den einzelnen Betriebsbereichen, wie auch betriebs- und unternehmensübergreifend in lokalen bis globalen Produktions- und Dienstleistungsnetzwerken. Ein weiterer Fokus liegt auf Industrie-4.0-typischen Modellen und dem zunehmenden Einsatz von künstlicher Intelligenz. Wesentliche Teile dieser laufenden Aktivitäten sind unter dem Dach der sogenannten Plattform Industrie 4.0 zusammengeführt oder eng daran angebunden.

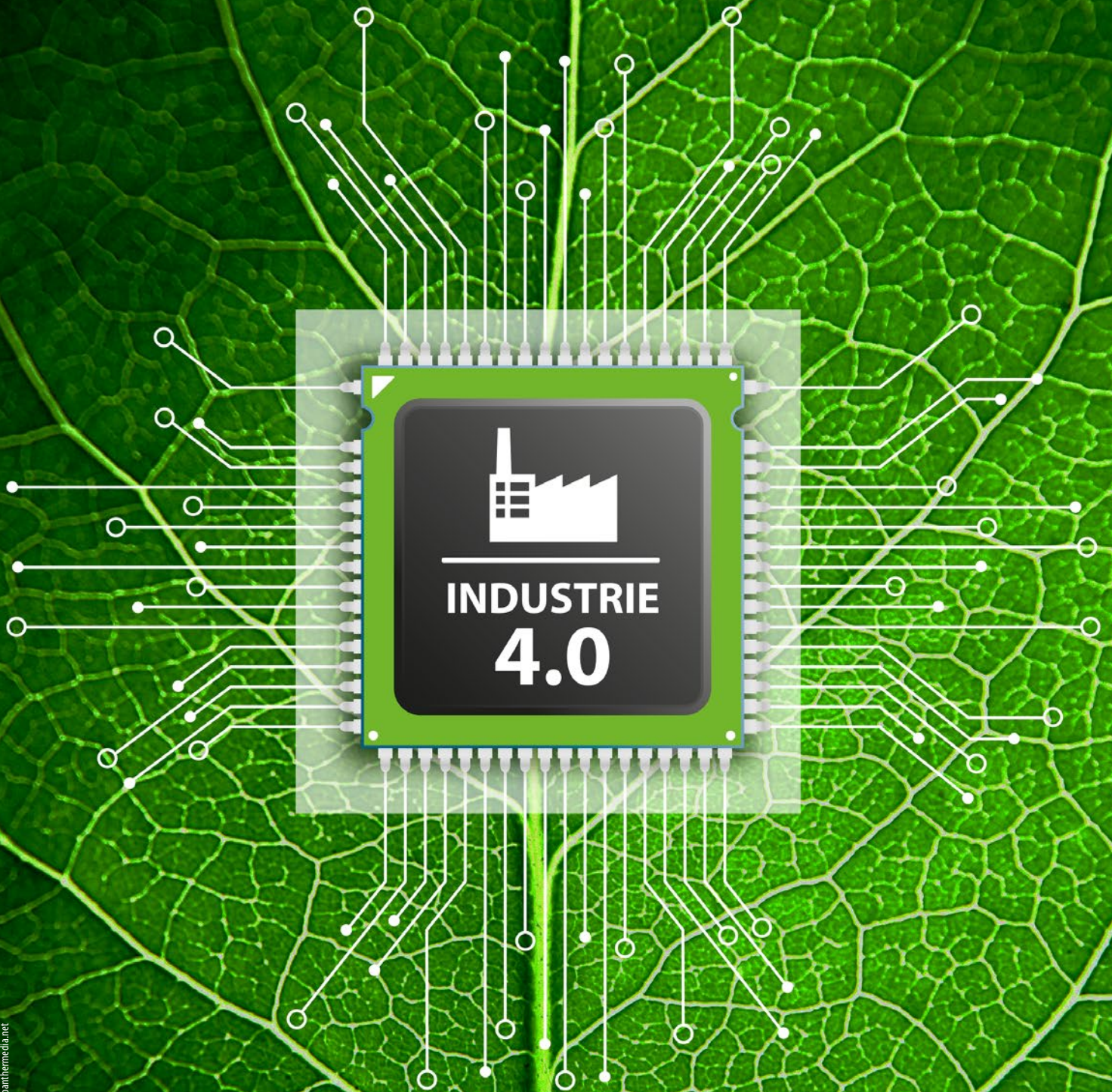
Aktuelle Chancen für die Umwelt

Industrie 4.0 – die digitale Transformation der industriellen Produktion – eröffnet grundlegend neue Möglichkeiten in den Bereichen Prozessoptimierung, intelligente Vernetzung und Datenmanagement und nutzt moderne Kommunikationstechniken wie das Internet, um in lokalen bis globalen Märkten flexibel zu agieren. Diese neuen Handlungsoptionen, die durch den Wandel zu einer Industrie 4.0 entstehen, sind auch

Thematische Schwerpunkte sind Ressourceneffizienz, Sekundärrohstoffe und Recycling, Prozessketten und Nachverfolgbarkeit, Chemikalien und Gefahrstoffmanagement, Produkt- und Konsumenteninformation sowie Daten und Datenmanagement.

auf den Umweltbereich übertragbar und stellen Chancen wie Risiken dar.

Insbesondere der Bereich Prozessoptimierung wird vom Einsatz innovativer Industrie-4.0-Technologien und -Anwendungen profitieren. Hierbei sind Optimierungspotenziale nicht nur beim Produktionsprozess selbst zu sehen, sondern ebenso bei allen mit der Produktion verknüpften Prozessen, wie beispielsweise der Abwasser- oder Abgasreinigung, das heißt, in der klassischen Umwelttechnik, sowie bei den energietechnischen Anlagen und der Logistik. Der erweiterte Einsatz von



► Abb. 1 / Die neuen Handlungsoptionen, die durch den Wandel zu einer Industrie 4.0 entstehen, sind auch auf den Umweltbereich übertragbar und stellen Chancen wie Risiken dar

► Abb. 2 / Durch den erweiterten Einsatz von Sensorik im Zusammenspiel mit einer Datenübertragung und Verarbeitung in Echtzeit werden Prozesse transparenter, können zeitnah nachjustiert sowie zielgerichtet gesteuert werden



Sensorik im Zusammenspiel mit einer Datenübertragung und Verarbeitung in Echtzeit stellen hierbei ein wesentliches Element dar. Prozesse werden so transparenter, können zeitnah nachjustiert sowie zielgerichtet gesteuert werden.

Die thematischen Schwerpunkte, die im Kontext von Industrie 4.0 und Umwelt besonders vielversprechend erscheinen, sind Ressourceneffizienz (Material und Energie), Sekundärrohstoffe und Recycling, Prozessketten und Nachverfolgbarkeit, Chemikalien und Gefahrstoffmanagement, Produkt- und Konsumenteninformation sowie Daten und Datenmanagement.

Eine zentrale Fragestellung ist, wie die „Gewinne“ der digitalen Transformation der Industrie, beispielsweise die Verringerung des Material- beziehungsweise Energieeinsatzes in einem Prozess sich gegenüber den „Kosten“ der Digitalisierung, das heißt, den für die Digitalisierung eines Prozesses selbst notwendigen Material- und Energieaufwendungen, darstellen, beziehungsweise, wie diese Bilanz in Zukunft aussehen wird. Derzeit können hierzu keine tragfähigen Prognosen abgeben wer-

den, da es bislang an Erfahrungswerten fehlt, sowohl aus der industriellen Anwendungspraxis wie auch aus der praxisnahen Forschung.

Ein weiterer Aspekt ist, dass umweltbezogene Erkenntnisgewinne aus Praxisanwendungen zum jetzigen Zeitpunkt noch in die Ausgestaltung der Industrie-4.0-Modelle und die darauf begründeten, sich derzeit in Entwicklung befindlichen Technologien einfließen und somit wesentliche Weichenstellungen für die Zukunft bedeuten können. Folglich ist es äußerst wichtig, dass neben der Forschung auch Praxisanwendungen von „Industrie 4.0 und Umwelt“ zeitnah gefördert und auf den Weg gebracht werden.

Handlungsansätze für das Umweltbundesamt

Insgesamt gesehen wird die Umweltthematik im Kontext der digitalen Transformation der industriellen Produktion bislang nur wenig bis gar nicht betrachtet. Das Umweltbundesamt

Potenziale für die Umwelt ergeben sich durch die intelligente Aggregation, Kombination und Auswertung der verfügbaren Daten im Sinne und zum Nutzen von Umwelt, Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit.

(UBA) arbeitet daher seit längerem daran, Praxisbeispiele aufzustellen und erste praktische Erkenntnisse zu „Industrie 4.0 und Umwelt“ zu gewinnen. Ein erster Aufschlag zu diesem Themenkomplex stellt die vom VDI Zentrum Ressourceneffizienz in 2016 initiierte Studie „Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potentiale für KMU des verarbeitenden Gewerbes“ dar, die von Seiten des UBAs begleitet wurde.

Durch die zunehmende Datenverfügbarkeit wird sich in allen Industrie-4.0-Bereichen der Informationsstand insgesamt, beziehungsweise das Wissen über Prozesse, Prozessketten, Prozesszustände, Produkte, Materialströme, Energieverbräuche etc. deutlich erhöhen. Potenziale für die Umwelt ergeben sich durch die intelligente Aggregation, Kombination und Auswertung der verfügbaren Daten im Sinne und zum Nutzen von Umwelt, Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit. Mit Blick auf die Datenthematik und ihre Relevanz hat das UBA bereits 2019 ein Forschungsvorhaben zu „Umweltdaten in Industrie 4.0“ auf den Weg gebracht, welches noch in diesem Jahr abgeschlossen wird. Die digitale Transformation muss zudem als eine neue Gefahrenquelle in der Anlagensicherheit und Störfallvorsorge angesehen werden. Ein Forschungsvorhaben vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und UBA, das die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Anlagensicherheit analysiert, wurde 2021 abgeschlossen.

Eine vernetzte, flexible und auftragsgesteuerte Produktion, wie sie für Industrie 4.0 typisch ist, findet in internationalen bis globalen Produktions- und Dienstleistungsnetzwerken statt. Daher kommt dem Bereich Standardisierung und Normung eine hohe Bedeutung zu, welche seitens des UBAs dementsprechend adressiert wird. So ist das UBA seit 2016 unter dem Expert Panel des Standardization Council Industrie 4.0 aktiv und an der Erstellung der Normungsroadmap Industrie 4.0, aktuell Version 5, beteiligt. Darüber hinaus wird die Entwicklung neuartiger Technologien – beispielsweise des digi-

talen Zwillings – und neuer Geschäftsmodelle im industrienahe Bereich beobachtet und auf Potentiale wie auch Risiken hin überprüft.

Das UBA wird seine bereits initiierten Aktivitäten zu „Industrie 4.0 und Umwelt“ und der Anlagensicherheit im Kontext einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Welt weiterverfolgen und ausbauen, die Zusammenarbeit mit Partnern vertiefen und durch die Implementierung von Forschungsvorhaben und Praxisanwendungen Erkenntnisse gewinnen, die dazu dienen werden, auf umweltpolitischer Ebene die entsprechenden Leitplanken für einen anspruchsvollen Stand der Technik, beziehungsweise Stand der Sicherheitstechnik zu setzen. ↩



DIPL.-BIOL., M. TECHN., M. A. DORIS MEURER

ist seit 2016 im Umweltbundesamt als wissenschaftliche Angestellte mit dem Thema Industrie 4.0 und Umwelt betraut und wird im Rahmen ihrer Tätigkeit im neu gegründeten Fachgebiet für Dekarbonisierung in der Industrie ihre Tätigkeiten zu Industrie 4.0 in Richtung Dekarbonisierung und Nachhaltigkeit ausbauen.

MIT ÜBERGREIFENDER IT-LÖSUNG ZU TRANSPARENTER LIEFERKETTE

JOACHIM WOLF

Die Bedeutung von Nachhaltigkeit ist nicht mehr zu diskutieren, deren Umsetzung in der täglichen Praxis in der Industrie ist allerdings eine anhaltende Herausforderung. Neben Standards, Richtlinien und steuerlichen Auflagen wie der CO₂-Steuer, kommen mit dem Lieferkettengesetz auch neue gesetzliche Vorgaben hinzu. [1] Ein Beispiel aus der industriellen Praxis verdeutlicht, dass sich frühzeitiges Handeln lohnt und Unternehmen mithilfe der IT betriebliche Abläufe vereinfachen und Kosten sparen können.

Viele Unternehmen nehmen ihre Verantwortung und Sorgfaltspflicht nicht nur aufgrund gesetzlicher Vorgaben, sondern auch aus eigenem Antrieb wahr und haben bereits Maßnahmen zur Unterstützung der Nachhaltigkeit auf den Weg gebracht. Diese reichen von CO₂-neutralen Produktionsstätten und optimierten Logistikketten bis zu verbesserten Verpackungskonzepten zur Reduktion von Material oder zur Unterstützung von Recyclingkonzepten. Damit sind wichtige Weichen zur Umsetzung der Anforderungen des Umweltmanagements und des neuen Lieferkettengesetzes, das zum 1. Januar 2023 in Kraft tritt, gestellt.

Neben den gesetzlichen Vorgaben etablieren sich verschiedene Normen und Standards in der Industrie. Aus Nachhaltigkeitssicht besitzt das Kernthema Umwelt in der DIN ISO 26000 den größten Stellenwert, weil sich die derzeitigen Diskussionspunkte in der Gesellschaft mit „Erderwärmung und Klimaveränderung“ direkt darauf beziehen. [3]

Ein Kunde von Lufthansa Industry Solutions hat die enge Verzahnung zwischen Umweltschutz und Lieferkette auf den Punkt gebracht: „Mindestens 50 % der durch unser Geschäft beeinflussten Umweltbelastung erfolgt in der Lieferkette vor dem Wareneingang bei uns“, so der Unternehmenseigner. Dieses

Wissen hat ihn motiviert, eine passende Lösung zu finden, um die Lieferanten als wichtige Geschäftspartner noch mehr in die Prozesse zu integrieren. Damit kombiniert der Unternehmer zwei Eigenschaften, die ein wirtschaftlich nachhaltiges Handeln bedingen – die Verantwortung für die Kausalität seines Han-

▶ INFO

LIEFERKETTENGESETZ

Die Lieferkette im Sinne dieses Gesetzes bezieht sich auf alle Produkte und Dienstleistungen eines Unternehmens. Sie umfasst alle Schritte im In- und Ausland, die zur Herstellung der Produkte und zur Erbringung der Dienstleistungen erforderlich sind – von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Lieferung an den Endkunden. Dabei steht nicht nur das Handeln des Unternehmens im eigenen Geschäftsbereich im Blickpunkt, sondern auch die unmittelbaren und mittelbaren Zulieferer. Für die Betriebe sieht der Entwurf verschiedene Pflichten vor: eine Grundsatzerklärung, die jährliche Risikoanalyse und Präventionsmaßnahmen. Bußgelder bei Nichteinhaltung des Gesetzes können bis in die Millionenhöhe gehen. [2]

► Abb. 1 / Mit einer transparenten Lieferkette zu einer nachhaltigeren Industrie



© Simone Bechthetti

delns zu übernehmen und eine Potenzialbetrachtung zur Wirksamkeit des Handlungsfeldes zu sehen.

IT-Architektur für das Lösungsdesign

Die Transparenz in der Lieferkette bedingt eine IT-Lösung, die über die Infrastruktur der eigenen Unternehmensgrenzen hinausgeht, weil alle Lieferanten darauf zugreifen müssen. (Abb. 1) Zusätzlich sind Anforderungen zur Integration mit bestehenden Stammdaten, Verträgen oder Bewegungsdaten wie Chargen oder Lieferungen von den Lieferanten sinnvoll und nachvollziehbar. Diese Daten befinden sich in der Regel im ERP-System, und sollten nicht redundant erfasst, sondern integrativ genutzt werden.

Die Integration zu weiteren Drittsystemen ist anzunehmen, um auf Basis der erfassten Daten in der Transparenzlösung beispielsweise den Nachweis der korrekten Emissionsberechnung von neutralen Anbietern nutzen zu können. Das künftige Reporting – um den Anforderungen der Kunden oder des Gesetzgebers zu entsprechen – wird aus Daten befüllt, die sich aus der Transparenzlösung und auch aus dem ERP-System integrativ

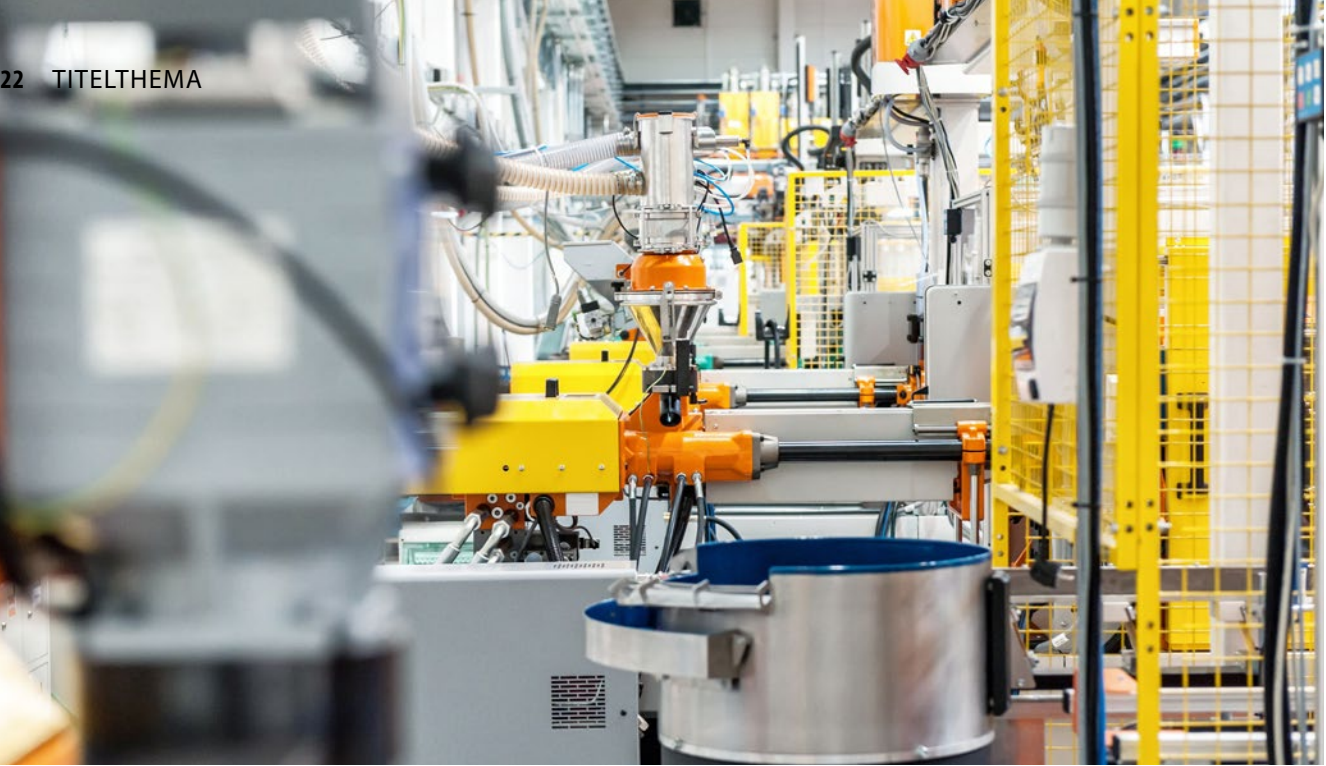
Die Transparenz in der Lieferkette bedingt eine IT-Lösung, die über die Infrastruktur der eigenen Unternehmensgrenzen hinausgeht, weil alle Lieferanten darauf zugreifen müssen.

ergeben. Ideal wäre daher die Nutzung einer gemeinsamen Persistenz-Schicht, das heißt einer gemeinsamen Datenbank oder Datenquelle für das Reporting.

Diese beispielhaften Kriterien und Anforderungen sollten bei der ganzheitlichen Ausprägung der IT-Architektur für die Transparenzlösung berücksichtigt werden.

Praxisbeispiel

Zentrum der IT-Architektur ist in vielen Industrieunternehmen das ERP-System und Marktführer der ERP-Standardsoftwareanbieter ist aktuell SAP. Das trifft auch auf einen Kunden der Lufthansa Industry Solutions zu, der sich für eine Individualentwicklung auf Basis der aktuellen Technologie entschieden



► Abb. 2 / Zur transparenten Abbildung in der Lieferkette sind auch alle Produktions- und Verarbeitungsstätten der Produkte aufzuführen

Die Datenbereitstellung zur Transparenz der Lieferkette erfolgt durch die Lieferanten. Daher liegt auch dort die Aufgabe, die Richtigkeit und Aktualität der Daten zu beachten.

hat. In dem Industrieunternehmen ist SAP als ERP-System on premise bereits im Einsatz. Das Unternehmen setzt ergänzend auf die Cloud-Plattform, um damit eine hybride Architektur aufzubauen. Neue Applikationen sollen mit Standards in der Cloud-Plattform in kurzen Zeiträumen realisiert und mit dem ERP integriert werden.

SAP hat diesen Bedarf hybrider Architekturen bereits vor einiger Zeit erkannt und eine Plattform in der Cloud bereitgestellt. Die Business Technology Platform (BTP) bündelt sowohl die individuelle Entwicklung als auch native Cloud-Standards wie den Cloud Connector zur Integration und bereits nativ entwickelte Applikationen wie zum Beispiel die Analytik Cloud (SAC) für das Reporting [3].

Für die Architektur innerhalb der SAP-Technologie spricht der Vorteil, dass die Applikation auf dieselbe Datenbank wie das ERP-System zugreift. Dies sollte bereits eine High-Performance-Analytic-Appliance-Datenbank (HANA) sein, um die

nativen Vorteile der BTP auszuschöpfen. In einer gemeinsamen Persistenz-Schicht leiten sich dadurch weitere Vorteile ab, die für das Reporting von Bedeutung sein können, wenn dafür die SAC-Lösung genutzt wird. Die BTP als cloudbasierte Plattform bietet eine Vielzahl nativer Services, etwa den Launchpad Service, der als übersichtliche Anwendungs- und Navigationsübersicht von individuell zu realisierenden Apps genutzt werden kann. Genau dieser Service wird für die Realisierung in dem Projekt eingesetzt.

Die Datenbereitstellung zur Transparenz der Lieferketten erfolgt durch die Lieferanten. Daher liegt auch dort die Aufgabe, die Richtigkeit und Aktualität der Daten zu beachten. Die Praxis zeigt, dass der Anspruch leichter formuliert als umgesetzt ist. Denn durch die Vielzahl der benötigten Daten – sowohl Stamm- als auch Bewegungsdaten – ist die Motivation zur Pflege am Anfang formal getrieben. Das ist allerdings alternativlos, denn die Datenpflege ist obligatorisch für das weitere Geschäft.

In dem Projekt wird ein innovatives Schulungs- und Einweisungskonzept für die Lieferanten erarbeitet und umgesetzt, das aus webbasiertem Lernen und individuellem Coaching bestehen wird. Dem Unternehmen ist die Kooperation mit dem Lieferanten wichtig und sie wird als wesentlicher Erfolgsfaktor des Geschäfts verstanden.

Die Realisierung des Projektes erfolgt in einem agilen Vorgehen in Anlehnung an die Scrum-Methode. Das „Big Picture“ der fachlichen Anforderungen wurde als erste Einschätzung

zum Umfang der Lösung vor Beginn der Umsetzung gemeinsam mit dem Kunden spezifiziert. Abgeleitet daraus wurden die ersten User Stories erarbeitet, die als Grundlage des ersten Sprints dienten. In Summe waren fünf Sprints zu je drei Wochen vorgesehen. Vier Wochen nach Projektstart waren die ersten Apps im Launchpad realisiert und konnten getestet werden. Die Entwicklung des Projektes ist noch in der finalen Umsetzung und wird am Ende des ersten Quartals mit dem Roll-out an die 400 Lieferanten (Haupt- und Sublieferanten) starten. Das Projekt wird dann nach einer Laufzeit von sechs Monaten abgeschlossen sein.

Umfang der Lieferkette

Die Transparenzlösung in dem Praxisbeispiel beinhaltet sowohl eine Erweiterung der Stammdaten der Lieferanten als auch die Abbildung der Bewegungsdaten zu den Herstellungs-, Bevorratungs- und Lieferprozessen.

Die Stammdaten zu den Lieferanten im ERP-System umfassen kommerzielle Inhalte wie Bestelladressen, Verträge, Konditionen und vereinbarte Liefermengen. Zur Abbildung der Transparenz in der Lieferkette ist die komplette Hierarchie des Haupt- und Sublieferanten als Nachweis erforderlich. Ergänzend sind auch alle Produktions- und Verarbeitungsstätten der Produkte aufzuführen. (Abb. 2) Das wiederum ist die unabding-

bare Grundlage für ein Lieferanten-Audit, da jeder Standort geprüft werden muss. Das Auditing ist Teil des Risikomanagements, so wie es auch das Lieferkettengesetz vorsieht. (Abb. 3)

Bei den Bewegungsdaten beginnt die Erfassung mit der Gewinnung der Rohstoffe, etwa der benötigten Anteile an Energie, Wasser oder sonstigen Stoffen. Der gleiche Transparenzanspruch besteht in der Verarbeitung der Rohstoffe bis hin zur Lieferung an den Kunden.

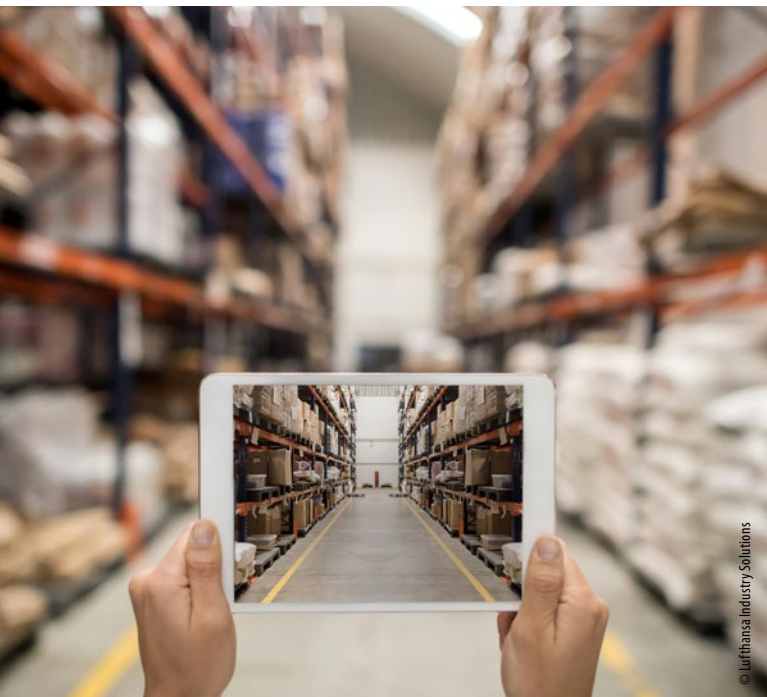
In dem beschriebenen Unternehmen werden pro Lieferant eine Vielzahl von Datenobjekten (> 1000) erfasst. Daher ist die Usability ein entscheidender Akzeptanzfaktor für die IT-Lösung. Die neue Transparenzlösung ersetzt umfangreiche Excel-Listen oder Word-Templates, die mit den Lieferanten bisher aufwendig manuell ausgetauscht wurden. Die künftige Erfassung der Da-

Die Usability ist ein entscheidender Akzeptanzfaktor für die IT-Lösung. Die neue Transparenzlösung ersetzt umfangreiche Excel-Listen oder Word-Templates, die mit den Lieferanten bisher aufwendig manuell ausgetauscht wurden.



► Abb. 3 / Das Auditing ist Teil des Risikomanagements – so sieht es das Lieferkettengesetz vor

► Abb. 4 / Die Erfassung der Daten durch eine zentrale IT-Lösung bietet viele Vorteile im Monitoring und für den Prozess der Beschaffung



ten durch eine zentrale IT-Lösung in der SAP BTP und die umfangreiche Integration mit dem SAP-ERP-System bieten viele Vorteile im Monitoring und für den Prozess der Beschaffung.

Die erforderlichen Daten sollen die Kundenanforderungen zur Nachhaltigkeit mit einem integrierten Reporting abbilden. Zusätzlich werden aber auch prozessbezogene Daten zur Optimierung der Steuerung der Lieferkette ein wesentlicher Bestandteil sein.

Fazit

Die Daten zum Nachweis und zur Nachverfolgung der Nachhaltigkeit in der Lieferkette werden in vielen Unternehmen noch in einer Vielzahl von verteilten Formaten wie zum Beispiel Excel-Listen verwaltet. Der damit verbundene Aufwand ist hoch und die Datenqualität eingeschränkt. Die Bedeutung dieser Daten wird weiter zunehmen, ebenso wie die Anforderungen durch Kunden, Nachhaltigkeitsaudits, des Risikomanagements oder des Gesetzgebers. Das gilt für den Umfang und die Aktualität wie auch für die technische Bereitstellungsform.

Die beschriebene IT-Lösung aus der Praxis ist eine skalierbare und integrierte SAP-Cloud-Plattform-Architektur. (Abb. 4)

In der Industrie kann sich dieser Ansatz durchsetzen, um nicht durch Drittlösungen mit eigenen Datenmodellen und Persistenz-Schicht die Komplexität der IT-Architektur und die Kosten im IT-Betrieb zu erhöhen. Gleichzeitig ist SAP als ERP-Systemanbieter in der Industrie am umfangreichsten vertreten. Die Vorteile der Integration sind offensichtlich, und die interne Expertise in den Unternehmen zu SAP entwickelt sich zunehmend in die neue Cloud-Technologie und damit in die hybride Architektur.

Die Praxis zeigt, dass Transparenz die Wertschöpfung maximal gestalten kann, wenn die Vorteile beidseitig sind. Das heißt, wenn nicht nur formale Anforderungen an die Lieferanten gestellt werden, sondern auch die Planung und Disposition seitens der Kunden für die Lieferanten optimiert wird. Die Anforderungen sowohl des Lieferkettengesetzes als auch der ergänzenden Normen und Standards zur Nachhaltigkeit bieten neue Chancen der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. Es entstehen zunehmend neue Communities und Netzwerke in der Wirtschaft zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen, um im gemeinsamen Handeln ergänzende oder neue Ideen zur Erweiterung und Optimierung der Geschäftsentwicklung zu definieren. ↩

Literaturhinweise

- [1] Bundestag verabschiedet das Lieferkettengesetz. Online: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw23-de-lieferkettengesetz-845608>, zuletzt aufgerufen am: 07.01.22
- [2] Drucksache 19/28649. Online: <https://www.bundestag.de>, zuletzt aufgerufen am: 07.01.22
- [3] Vortrag: Binner, Prof. Binner Akademie: Beitrag Gutes Gewissen normgemäß, QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 2020
- [4] SAP, Cloud Platform. Online: <https://www.sap.com/products/cloud>



JOACHIM WOLF

ist Director Industrie bei Lufthansa Industry Solutions. Der Wirtschaftsingenieur ist seit 1994 als Business Consultant und Projekt Manager zu verschiedenen Themen der IT in mittelständischen Unternehmen sowie Konzernen der Industriebranche tätig.



Heavy-Duty-, On- und Off-Highway- Motoren 2022

Stand der Energiewende
im Heavy-Duty-Bereich

16. – 17. November 2022
Donaueschingen oder
virtuell via Live-Stream

/ ANTRIEBE FÜR DIE ENERGIEWENDE

Antriebe mit Brennstoffzellen, batterieelektrische Antriebe,
Hybridantriebe, Antriebe für alternative Kraftstoffe

/ EMISSIONSGESETZGEBUNG UND IHRE ERFÜLLUNG

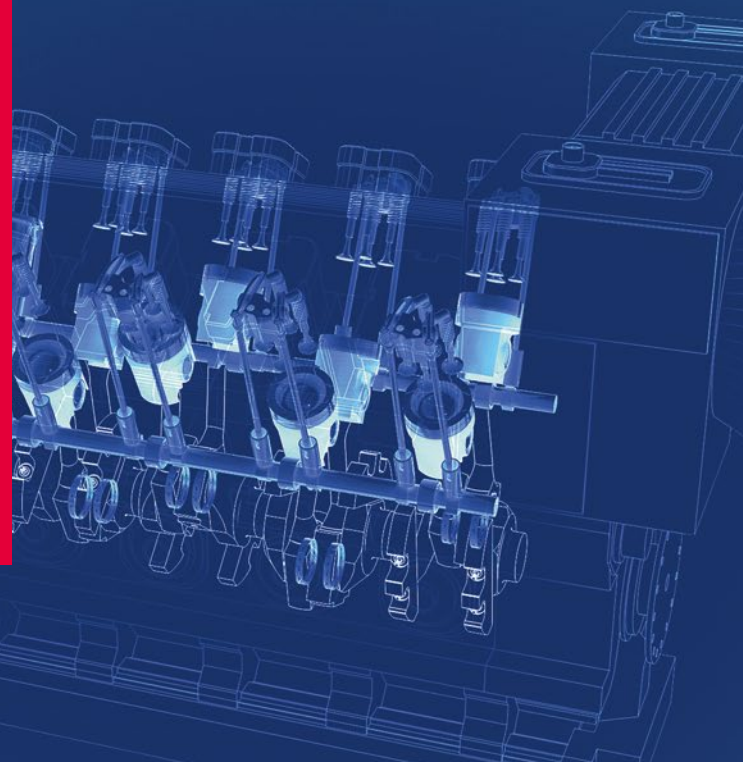
Verringerung der CO₂- und Schadstoffemissionen

/ NEUE DIESEL-, GAS- UND DUAL-FUEL-MOTOREN

Neue Komponenten, Motoren und Entwicklungstrends

HIGHLIGHT
Werksbesichtigung

Vor Ort-Besichtigung
bei der MAHLE GmbH



DIGITALISIERUNG IST NICHT PER SE NACHHALTIG

REBECCA TAUER

Virtuelles Prototyping einer Komponente oder eines Systems mit der VR-Brille spart physische Prototypen und beschleunigt die Produkteinführung, künstliche Intelligenz optimiert die Produktion, Absprachen mit Kunden finden im digitalen Verkaufsraum statt, Remote-Arbeit und Videokonferenzen machen

Dienstreisen überflüssig – die Digitalisierung treibt unternehmerische Innovationen, Produktivität und Wirtschaftswachstum voran. Insbesondere die Kreislaufwirtschaft kann durch sie profitieren. Digitale Produktpässe vereinfachen beziehungsweise ermöglichen Wiederverwendung und verbessertes Recycling, smarte



▶ INFO

REBECCA TAUER

leitet das Circular Economy Programm des WWF Deutschland, welches das Ziel hat, gemeinsam mit Politik, Unternehmen und Nutzern eine zirkuläre Wirtschaft aufzubauen, die Natur und Klima schützt und regeneriert. Sie hat ihren Master in Sustainable Development und den Bachelor of Business (Marketing/Economics) in Australien abgeschlossen, wo sie zehn Jahre in der Unternehmensberatung, Strategieentwicklung in der Logistik und im B2B-Marketing in der Finanzindustrie arbeitete. Seit 2016 ist Rebecca Tauer beim WWF Deutschland tätig und vertritt den WWF in diversen externen Gremien, unter anderem in der Nationalen Plattform für Ressourceneffizienz, im Textilbündnis, in der UNEP Working Group Product Lifetime Extension und in Accelerating Circularity.

Um die Digitalisierung nachhaltig zu gestalten, braucht es neben Effizienz auch Konsistenz und Suffizienz.

Produkte sind die Grundlage von zirkulären Geschäftsmodellen wie Pay per Use, und vorrausschauende Wartung erlaubt autonome Reparaturanforderungen. Dies alles reduziert den Ressourcenbedarf und aus ökologischer Sicht scheint die Digitalisierung daher auf den ersten Blick vor allem Vorteile zu haben.

Wenig Beachtung in der öffentlichen Debatte finden allerdings die Schattenseiten der digitalen Welt: die sogenannten Rebound-Effekte. Denn die Einsparung von Ressourcen geht nicht automatisch mit einem geringeren Verbrauch einher. Im Gegenteil – der Verbrauch steigt meist sogar noch an. Schon im Jahr 2012 kam eine Studie der EU-Kommission zu dem Schluss, dass Rebound-Effekte zwischen 10 und 80 % des Energiesparpotenzials wieder vernichten.

Was steckt genau dahinter? Vergessen wird oft, dass beim Verschieben der wachsenden Datenmengen viel Energie benötigt wird. Ein einfaches Beispiel: Geben wir einen Begriff bei Google ein, wird diese Anfrage an die Server eines Datenzentrums geschickt, dort erfasst und umgewandelt. Je weiter die Digitalisierung voranschreitet, desto mehr Strom und folglich auch Energie muss also für diese Prozesse aufgewendet werden. Dabei werden auch schädliche Treibhausgase ausgestoßen, was problematisch ist, solange der Stromanteil von erneuerbaren Energien nicht massiv ansteigt. Außerdem verlangen viele Hardwarelösungen und Produkte für die Digitalisierung den Einsatz einer stetig wachsenden Ressourcenmenge – zum Beispiel von Kunststoffen, seltenen Erden und Konfliktmineralien. Die meisten Werkstoffe oder Geräte sind zudem nicht für Langlebigkeit, Wiederverwendung, Reparatur oder Recycling konzipiert, was wiederum zu steigenden Abfallmengen und Ressourcenverlusten führt.

Natürlich gilt es, effizient mit den Ressourcen umzugehen. Doch das allein reicht nicht. Um die Digitalisierung nachhaltig zu gestalten, braucht es auch Konsistenz und Suffizienz. Konsistenz richtet sich auf naturverträgliche Technologien und beinhaltet zum Beispiel den Wechsel zur Nutzung regenerativer Energieformen wie Sonne und Wind. Suffizienz zielt – mit Blick auf die Klimakrise, begrenzte natürliche Ressourcen und auf

das Artensterben – darauf ab, sich zu begnügen, nicht im Überfluss zu leben, sondern insgesamt weniger Energie und Material zu nutzen beziehungsweise aufzuwenden.

Um Rebound-Effekte der Digitalisierung zu vermeiden, müssen Wirtschaft und Politik aktiv werden und neben der Effizienz auch das Konzept der Suffizienz als Zukunftsstrategie stärker in den Blick nehmen. Qualität sollte über Quantität stehen – Wachstum ist vor allem dort gefragt, wo Ressourcenflüsse verlangsamt und dabei der Ausstoß von Treibhausgasen verringert wird. Dies leisten Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft, die Haltbarkeit und Reparaturangebote in den Vordergrund stellen, Service statt Produkte verkaufen und Wieder- und Weiterverwendung ermöglichen. Dafür müssen Herstellungsprozesse umgestellt werden, zum Beispiel zur Wiederverwendung von Komponenten und in der Logistik zur Rückführung von Produkten für das Remanufacturing. Dies bedeutet auch, ganze neue Beziehungen zu Kunden und Zulieferern aufzubauen.

Die Regierung sollte beim Vorantreiben der Digitalisierung nicht nur auf die (Energie-)Effizienz schauen, sondern auch auf das Einsparpotenzial in absoluten Zahlen.

Gefragt ist auch der Gesetzgeber. Insbesondere in Bereichen, in denen der Business Case für Suffizienz und Konsistenz noch weiterentwickelt werden muss. Dort kann durch Regulierung oder Förderung die nötige Transformation unterstützt werden. Die Regierung sollte im Austausch mit der Wirtschaft die geeigneten Rahmenbedingungen schaffen und beim Vorantreiben der Digitalisierung nicht nur auf die (Energie-)Effizienz schauen, sondern auch auf das Einsparpotenzial in absoluten Zahlen. Digitalisierung kann der Industrie in jedem Fall helfen, ohne wesentliche Komfortnachteile mit weniger Ressourcen und Energie auszukommen, um den Verbrauch auf ein sozial und ökologisch verträgliches Maß zu senken. Dafür müssen wir uns aber von dem reinen Effizienz-Gedanken als alleinigem Heilsbringer verabschieden. ↩

LEICHTBAU NACH DER NATUR ODER „ICH SEHE ÜBERALL ZUGDREIECKE“

Der Physiker Prof Dr. Claus Mattheck ist eine absolute Koryphäe im Bereich Bionik. Seit über drei Jahrzehnten macht er das Wissen der Natur für jeden begreifbar, bricht es auf einfache Grundsätze herunter und überträgt es auf die Technik. Wir sprachen mit dem Experten für Bauteiloptimierung, der auch als „Baumpapst“ bekannt ist, über bionische Gestaltungsprinzipien und nachhaltiges Konstruieren.

Herr Prof. Mattheck, Sie sind Physiker. Wie kam es, dass Sie Baumgutachter wurden?

Das sind alles so Zufälle. Ich war im Urlaub am Atlantik, vor etwa 40 Jahren, und habe da eine zerzauste Strandkiefer gesehen. Die hatte zweimal den Wipfeltrieb verloren und dann immer aus einem Ast einen neuen Leittrieb gemacht. Ich habe davor gestanden wie ein kleiner Junge und gestaunt. Das arbeitete dann in mir und ich habe angefangen, über die Mechanik der Bäume zu lesen. So viel gab es ja damals nicht, aber ich war fasziniert von der Selbstoptimierung der Bäume. Das war der Einstieg in das ganze Thema. Wir haben dann das Wachstum der Bäume computersimuliert und die Grundsätze der natürlichen Formgebung auf die Technik übertragen unter dem Gedanken „Maschinenbauteile wachsen wie Bäume“. Umgekehrt haben uns die Erkenntnisse auch ein neues Verständnis der Bäume ermöglicht.

Die Strandkiefer, von der Sie sprachen, hat Krisen durchlebt. Sind also Brüche und Schäden in der Natur gute Lehrmeister?

Ja, es ist immer so: Sie kriegen einen Schicksalsschlag und dann lernen Sie was draus. Das ist in meinem Leben auch so gewesen. Ich bin zum Beispiel durch einen Unfall in die Biomechanik hineingekommen. Auf der Fahrt zu meinem Steuerberater ist mir nachts ohne Licht jemand auf einem geklauten Motorrad entgegengekommen und auf meinen VW-Bus geknallt. Ich habe mir das Bein gebrochen, der Bruch ist genagelt worden. Daraufhin habe ich solche Nägel entwickelt und verbessert.

► ZUR PERSON


PROF. DR. CLAUS MATTHECK

arbeitet als Berater des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), nachdem er dort über drei Jahrzehnte lang die Abteilung für Biomechanik leitete. Über die Jahre erhielt er zahlreiche Auszeichnungen, darunter 2003 den Deutschen Umweltpreis. Der studierte Physiker arbeitete auch als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für „Mechanik und Bruchverhalten der Bäume und Phänomenologie der Holzersetzung durch Pilze“ und für „Ermüdungsbrüche mechanischer Bauteile“.

Und ja, wie Bäume mit Schäden umgehen, ist ein großartiges Vorbild. Die Natur vollbringt wahre Wunder. Gerissene Äste oder ausgehöhlte Stämme reparieren sich im Laufe der Zeit selbst und der Baum stellt seine ursprüngliche Stabilität wieder her. Nach meinem Physikstudium bin ich in die Schadenskunde gewechselt, in die Bruchmechanik, in der ich dann auch habilitiert habe. Durch die Bäume haben wir eine Methode entwickelt, um Versagen zu vermeiden.

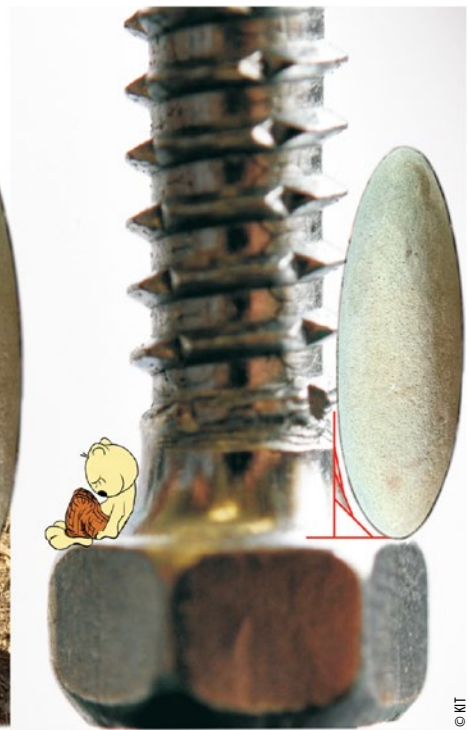
Was verstehen Sie unter dem Begriff Ökodesign?

Ökodesign ist für mich der dauerhafteste Leichtbau. Wenn Sie nur die Wandstärken verringern bei einem Bauteil, um Material zu sparen, entstehen gelegentlich Schwachstellen. Und um die zu vermeiden, muss man die Form der Struktur nach dem Vorbild

A man with long hair, wearing a black fedora-style hat, sunglasses, a black leather jacket, a black scarf, and tan boots, stands on a dirt path. He is holding a wooden walking stick in his right hand and resting his left hand on a wooden log fence. The background shows a forest with trees in autumn colors under a blue sky with some clouds.

**„Von der Natur – von Bäumen,
Knochen, Bachkieseln –
kann man allerhand über
Mechanik lernen. So werden
Formeln lebendig“**

- ▶ Die Bachkieselform lässt sich auf die Technik übertragen. Sie basiert auf den Zugdreiecken (hier rot eingezeichnet). Auch Pauli der Bär, Matthecks Comic-Held, schmiegte sich an die Bachkieselform an



der Natur ausformen. Es geht dabei nicht nur um das Weglassen von Material, sondern auch um das Hinzufügen von Material, eben alles an der richtigen Stelle. Die Bäume, die Knochen und auch die Bachkiesel, die vom Wasser geformt werden, das sind die Vorbilder. Ökodesign ist also im Prinzip Leichtbau nach der Natur. Wobei mir das Wort „Öko“ an sich nicht so gefällt.

Das ist ziemlich abgedroschen. Biologisch oder natürlich inspiriertes Design, das gefällt mir besser.

Und was muss sich nun für ein solches biologisch inspiriertes Design im klassischen Konstruktionsprozess ändern?

Der klassische Konstruktionsprozess muss sich nicht ändern. Wir haben das Wachstum der Bäume damals computersimuliert und daraus unsere Computermethode entwickelt, Computer Aided Optimization. Aber die brauchen Sie heute gar nicht mehr, oder nur noch in sehr komplizierten Ausnahmefällen, weil wir drei Denkwerkzeuge entwickelt haben. Das sind die Zugdreiecke, die Schubvierecke und die Kraftkegel. Die Grundlage sind die Zugdreiecke, die sind praktisch eine Universalform der Natur für die Technik, um Kerbspannungen abzubauen. Sie funktionieren folgendermaßen: Eine scharfe Ecke wird durch ein Zugdreieck überbrückt und so entschärft. Dabei entstehen neue Ecken, die dann wieder mit Dreiecken entschärft werden und so weiter. Nach meinen Seminaren bekomme ich häufig das Feedback, dass die Leute es kaum glauben können, dass das auf einmal alles so leicht zu verstehen ist. Diese Denkwerkzeuge lassen sich ganz einfach ins CAD-System integrieren. Die Zugdreiecke zum Beispiel können mit einem Klick in die Kerbe reingelegt werden.

Entscheidend sind das Verständnis und das Bewusstsein dafür, für die Struktur und die gute Form. Die Leute müssen die Form des Bachkiesels verinnerlichen. Die finden sie ja überall. Die Gebirgskuppen sind halbe Bachkiesel. Die Felsnasen sind halbe Bachkiesel. Der Solitärbaum ist ein halber Bachkiesel. Der Stamm großer Bäume, die Knochen, überall. Ein einfaches Anwendungs-

▶ BUCHTIPP

DIE KÖRPERSPRACHE DER BAUTEILE



Das Buch „Die Körpersprache der Bauteile – Enzyklopädie der Formfindung nach der Natur“ ist Matthecks umfassendes Grundlagenwerk. Ohne die Leser mit Hürden mathematischer Formeln aufzuhalten, erklärt er die Mechanik der Bäume und Knochen, der Bauteile, der Berge und der Risse. Egal ob flüssig oder fest, elastisch oder plastisch, seine anschaulichen Universalformen gelten für fast alles.

Wer sich für Bionik interessiert, kommt an dem Buch nicht vorbei!

Verlag: *Karlsruher Institut für Technologie, gebundene Ausgabe, 496 Seiten, ISBN: 978-3-923704-91-0.*

beispiel: Wenn Sie schmieden und hauen einen rechteckigen Hammer in den heißen Stahl hinein, in das Schmiedeteil. Da kriegen Sie neben dem Hammerrechteck Wirbel. Hat der Hammer eine Bachkieselform, kriegen Sie keine Wirbel mehr daneben.

Es geht also vor allem darum, einen anderen Blick zu bekommen?

Ja, genau. Ein ehemaliger Teilnehmer eines Seminars schrieb mir einmal, dass die mit der Kraftkegelmethode gefundenen Designvorschläge eine hohe ästhetische Schönheit aufweisen. Und das haben Sie auch in der Natur. Hier neben mir auf dem Regal steht ein Höhlenbärschädel, aus der Eiszeit, sehen Sie? Ein Laie denkt, wenn er den ansieht: ein hässlicher Knochen. Aber wenn ich den ansehe, da sehe ich nur Zugdreiecke und die haben eine hohe funktionale Schönheit.

Kann Ihr Ansatz denn in allen Bauteilen beziehungsweise Konstruktionen Vorteile erschließen?

Sie haben ja bei jeder Komponente funktionelle Auflagen. Ein Lager sollte rund sein, damit sich darin etwas drehen kann. Da können Sie nicht einfach eine Zugdreieckskontur hineinkonstruieren. Funktionelle Auflagen sind die Grenze. Und bezüglich der Topologie-Optimierung, der Designfindung mit der sogenannten Kraftkegelmethode, das funktioniert zum Beispiel nicht für Geschossaufprall, also für Schallwellenausbreitung und so weiter. Zumindest bin ich da skeptisch, wenn Wellen hin- und herflitzen in der Struktur. Ich kann mir nicht vorstellen, dass unsere Methoden da greifen. Da müssen wir die Trägheitskräfte miteinbeziehen und dynamisch optimieren. Also bei dynamischen Problemen wird es schwierig.

Sie beschäftigen sich seit Jahrzehnten intensiv mit dem Thema Bionik. Können Sie einen Wandel in der Industrie in Richtung Nachhaltigkeit feststellen?

Auf jeden Fall! Wenn ich heute ein Seminar halte, dann ist den Teilnehmern das in der Regel vom Prinzip her schon bekannt und sie wollen nur noch mal eine vertiefende Anleitung. Inzwischen optimieren viele Industrieunternehmen ihre Bauteile mit unseren Denkwerkzeugen. Es gibt dazu auch eine DIN-Norm, die ISO 18459 – Bionische Strukturoptimierung. Früher, vor 20 Jahren, war es manchmal so, dass die noch nie etwas davon gehört haben.

Viele Firmen werben ja heute damit, dass sie nachhaltige Produkte herstellen. Und ein nachhaltiges Produkt im Maschinenbau heißt: langlebig, ohne kaputtzugehen – und leicht. Das wollen sie ja alle. Schon allein um Material zu sparen. Es war nur

Wir haben drei einfache Denkwerkzeuge entwickelt: die Zugdreiecke, die Schubvierecke und die Kraftkegel. Die Leute können es oft kaum glauben, dass das auf einmal alles so leicht zu verstehen ist.



► Claus Mattheck sieht sich als Vermittler zwischen Natur und Technik, zwischen Wissenschaft und Gesellschaft

früher so, dass die Materialersparnis den höheren Fertigungsaufwand nicht gerechtfertigt hat; diese Leichtbauformen, die man mit einem einfachen Fräser nicht so leicht herstellen kann. Das Computer Aided Manufacturing, was wir ja schon seit Jahren haben, ist der Büchsenöffner, das gehört zu meinen Methoden eigentlich dazu. Das ist dann die Umsetzung, also die Fertigung. Grundsätzlich können Sie die Denkwerkzeuge heute bei allen Fertigungstechniken wirtschaftlich anwenden: Schmieden, Gießen und sämtliche spanenden Verfahren und auch bei der additiven Fertigung. Mit diesen immer freieren Formen in der Fertigung haben wir heute natürlich ganz andere Möglichkeiten. Das ist jetzt immer mehr im Kommen, zum Glück.

Wichtig ist, dass wir das Wissen um die Bionik unter die Leute bringen, am besten schon in den Schulen.

Was ist aus Ihrer Sicht nötig, damit der Wandel gelingen kann?

Wichtig ist, dass wir das Wissen um die Bionik unter die Leute bringen, am besten schon in den Schulen. Die Menschen müssen nach dem Abitur wissen, was Zugdreiecke sind und wozu man die einsetzen kann. Das wäre schon ein großer Gewinn für alles, was danach kommt. Wenn die Abiturienten schon mit diesen Vorkenntnissen an die Uni kommen. Ich bin gerade dabei, dass wir das Thema auch in das Schulfach NwT – Naturwissenschaften und Technik, das wir hier in Baden-Württemberg haben – integrieren. Aus dem Grund habe ich auch meine Comic-Bücher gemacht, um junge Leute dafür zu begeistern. Das Buch „Stupsi“ erklärt den Baum, ist in zehn Sprachen übersetzt worden. Japanisch, Serbisch, Finnisch, Niederländisch ... Es hat eine sehr hohe Verbreitung und hat mich Mut gekostet.

Verstehen Sie mich nicht falsch. Ich will mit meinen Methoden auf gar keinen Fall eine Konkurrenz aufmachen zur Festigkeitslehre oder technischen Mechanik. Ich will sie lediglich visualisieren, lebendig werden lassen. Mein Ziel ist, dass die Menschen nicht nur eine Formel sehen, sondern sagen: Aha, Zug, Druck und hier ist ein Wirbel. Dass sie das verstehen, sehen und fühlen. Dass sie eine Komponente angucken und es ist ihnen so, als ob sie selber drin wären.

Wir müssen die Menschen überzeugen, mitnehmen. Deshalb würde ich auch dafür plädieren, die Industrie nicht mit Regelungen zu quälen, sondern sie müssen es aus freien Stücken tun.

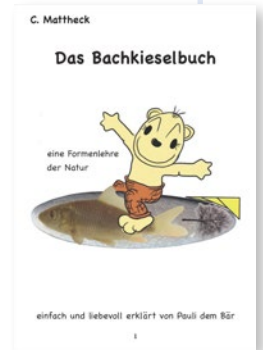
Welche Unterstützung können Sie Unternehmen bieten, die sich in Richtung Nachhaltigkeit bewegen wollen?

Auf der einen Seite natürlich umfangreiche Lektüre: Ich habe circa 20 Bücher geschrieben, allen voran das Buch „Die Körpersprache der Bauteile – Enzyklopädie der Formfindung nach der Natur“. Auf der anderen Seite halten wir Seminare ab, In-house-Seminare vor Ort bei den Firmen. Und neuerdings haben wir auch bei der Firma Instrumenta Mechanik Labor in Wiesloch einen Seminarraum, wo wir Schulungen durchführen können. Und dann gibt es auf meiner Website www.mattheck.de noch kostenlose Lehrvideos und ein Whitepaper über Bauteiloptimierung.

► BUCHTIPP

DAS BACHKIESELBUCH

Mattheck lässt Bilder sprechen: „Das Bachkieselbuch – eine Formenlehre der Natur einfach und liebevoll erklärt von Pauli dem Bär“ ist sein neuestes Werk. Gemacht für Kinder, eignet sich das Lehrbuch in Comic-Form für Jung und Alt. Es vermittelt das Wissen um die Bionik spielend leicht. Matthecks Intention ist, dass natürlich inspiriertes Design und die Formen der Natur über Fragen der Kinder zum Gesprächsthema für die ganze Familie werden.



Das Bachkieselbuch ist als E-Book über Amazon erhältlich.

Haben Sie abschließend noch einen Tipp für Unternehmen beziehungsweise Konstrukteure?

Also, der Tipp ist nicht nur für Nachhaltigkeit, aber die geht daraus hervor: Lieben Sie Ihren Kunden! Wenn der Kunde Ihnen egal ist, dann kann es nichts werden. Das habe ich in meinem Leben gelernt. Wenn Sie die Welt vereinfachen wollen, haben Sie alle gegen sich, die von der Kompliziertheit leben. Und mit denen müssen Sie sich dann auseinandersetzen – da habe ich früher manchmal sehr hart reagiert. Mittlerweile habe ich gemerkt – das ist die Milde des Alters, ich bin ja schon 74 – dass man, wenn man sich bemüht, dem anderen zu dienen, im alten Sinne des Wortes zu dienen und ihn gern zu haben, dann versaut man auch nichts. Dann merkt der das, fühlt sich gut aufgehoben und bleibt Ihnen treu, sei es als Zuhörer oder sei es als Käufer eines Produktes. Das ist das, was man früher als Service bezeichnet hat. Das muss das Ziel sein. Alles, was man mit Liebe macht, macht man gut. Derjenige, der ein Motorgehäuse gießt, muss denken: Damit fährt jetzt einer meiner Mitmenschen zehn Jahre lang herum mit seinem Auto. Das soll nicht kaputtgehen, er soll Spaß daran haben. Dann haben Sie eine ganz andere Motivation ... Und das führt letztendlich auch zu Nachhaltigkeit.

Herr Prof. Mattheck, vielen Dank für das inspirierende Gespräch!

Das Interview führte Martina Klein, Redakteurin.

VEREDELN SIE IHR WISSEN.

MIT DER NUMMER EINS DER OBERFLÄCHENTECHNIK.*



© creative republic 2015 / Foto: © shutterstock & creative republic

Sie wollen wissen, was unter der Oberfläche steckt. JOT ist das Magazin, mit dem Sie Ihr Wissen im Bereich Oberflächentechnik veredeln können. Schicht für Schicht. Artikel für Artikel. Praxisnah und anwenderorientiert. Lesen Sie 12 Ausgaben plus mindestens 5 Specials zum Vorzugspreis. Inklusive E-Magazin, freiem Zugriff auf das Online-Fachartikel-Archiv sowie Newsletter und Webportal www.jot-oberflaeche.de

Testen Sie jetzt JOT. Die ganze Vielfalt unter: www.meinfachwissen.de/jot

* Nr. 1 bezogen auf die verkaufte Auflage – laut IVW vom 30.06.2016: 1.469 Exemplare

BETRIEBLICHE MOBILITÄT NACHHALTIGER GESTALTEN

MARC-OLIVER PRINZING

Der Weg in Richtung Mobilitätswandel führt über nachhaltiges Handeln. Das gehört inzwischen nicht nur zum guten Ton, es ist für die meisten Unternehmen ein erfolgskritischer Teil der Unternehmensstrategie. Nachhaltigkeit fängt bereits bei der Privatperson an, Unternehmen spielen aber eine der wichtigsten Rollen, verantworten sie doch die Mehrzahl der Fahrzeug-Neuzulassungen. Nachhaltiges Wirtschaften leistet nicht nur einen gesellschaftlichen Beitrag, sondern reduziert auch Emissionen und Kosten und begeistert Mitarbeiter.

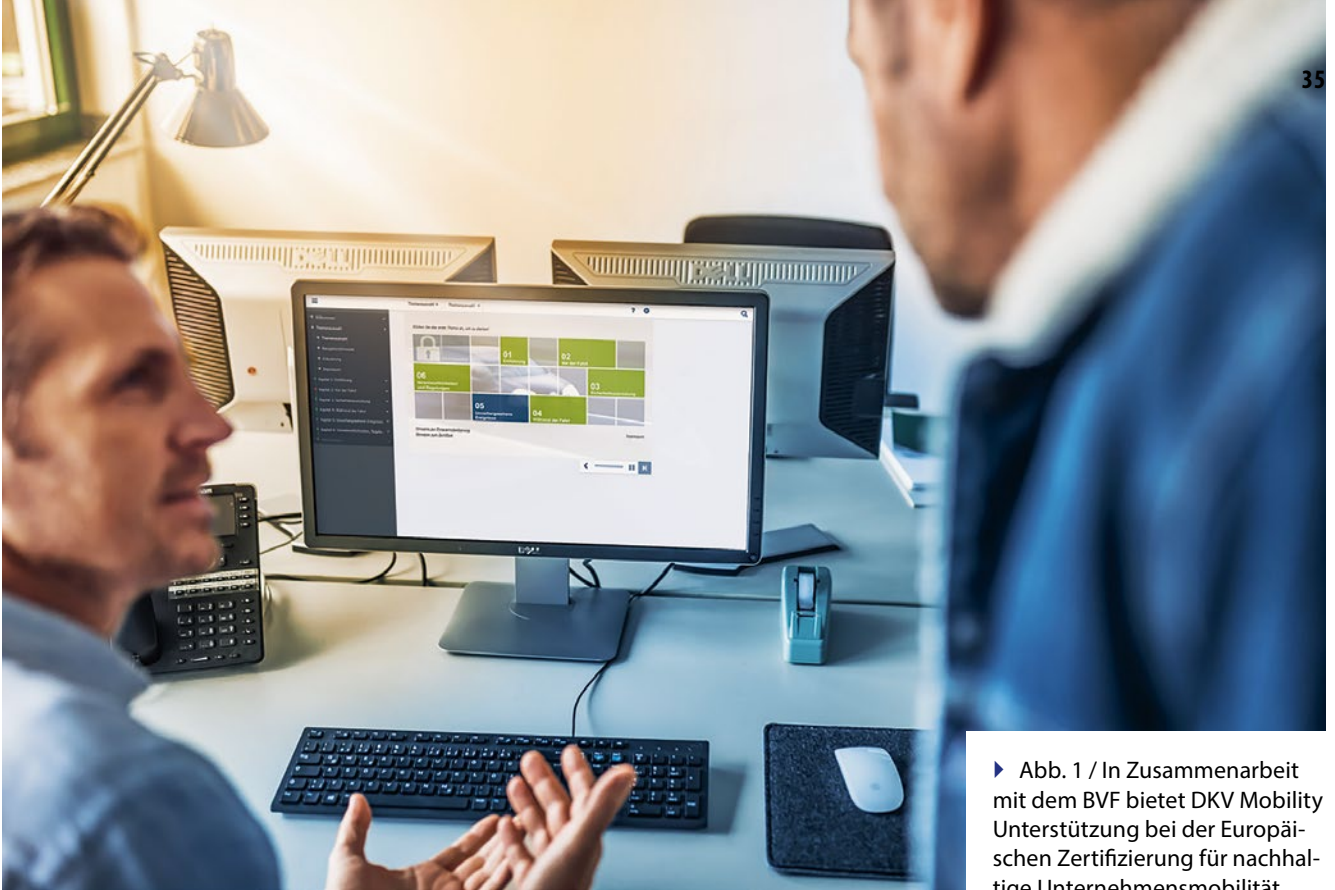
In den vergangenen Monaten und Jahren der Pandemie ist der Klimawandel etwas in den Hintergrund gerückt. Einen kleinen Aufschwung gab es während der UN-Klimakonferenz im letzten Jahr und natürlich aktuell, wenn die neue Regierung versucht, Pflöcke einzuschlagen. Doch auch wenn das Thema in der Wahrnehmung etwas abgeebbt ist, Umweltschutz und Nachhaltigkeit sind nach wie vor wichtig. Die meisten Unternehmen sind sich ihrer eigenen Verantwortung bewusst und wissen, dass man Emissionen im Blick haben muss. Dabei ist nicht nur der automobile Fuhrpark, sondern die Mobilität als Ganzes ein wichtiger Hebel.

Die gute Nachricht: Der Bundesverband Fuhrparkmanagement e. V. (BVF) beobachtet, dass sich viele Betriebe in den vergangenen Monaten noch intensiver mit dem Thema der nachhaltigen Mobilität auseinandergesetzt haben. Aufgrund von Homeoffice und Online-Meetings wurde die Nachhaltigkeit außerdem dahin gehend gefördert, dass Mobilität in vielen Fällen gar nicht stattfindet. Und die nachhaltigste Form der Mobilität ist immer die, die nicht vorhanden ist. Dort, wo darauf verzichtet werden kann, sollte es getan werden. Die notwendige betriebliche Mobilität ist zu optimieren, sodass ökologische und ökonomische Ziele erreicht werden können.

Im Zertifizierungsprozess wird die gesamte Unternehmensmobilität berücksichtigt. Handlungsfelder für die Optimierungen liegen unter anderem im Bereich der betrieblichen Mobilitätsstrategie.

Zertifizierung zur Förderung der betrieblichen Nachhaltigkeit

Betriebliche Mobilität nachhaltiger zu gestalten – dabei unterstützt der BVF mit einer Nachhaltigkeitszertifizierung. Die vom BVF mitgegründete Fleet and Mobility Management Federation Europe (FMFE) hat gemeinsam mit den sieben Landes-Mobilitätsverbänden einen Zertifizierungsprozess entwickelt, der nach und nach europaweit angeboten wird: die Europäische Zertifizierung für nachhaltige Unternehmensmobilität (ECSM für European Certification of Sustainable Mobility). Anbieter dieses Zertifikats werden im nächsten Schritt alle Mitglieder der FMFE sein, also Mobilitätsverbände aus Deutschland, Spanien, Italien,



© DKV Mobility

► Abb. 1 / In Zusammenarbeit mit dem BVF bietet DKV Mobility Unterstützung bei der Europäischen Zertifizierung für nachhaltige Unternehmensmobilität

Handlungsfelder	
Handlungsfelder	Beispiele für mögliche Verbesserungsmaßnahmen
Betriebliche Mobilitätsstrategie	Einführung einer nachhaltigen Mobilitätspolitik
	Globale Messung der erzeugten Emissionen
	Förderung der alternativen Mobilität
Unternehmensflotte	Angemessene Flottendimensionierung
	Suche nach Energieeffizienz
	Ausbildungsprogramme
Mitarbeitermobilität	Änderung der Mobilitätsgewohnheiten
	Effizientere Mobilität
	Sichere Mobilität
Kunden / Lieferanten	Parameter zur Nachhaltigkeit

► Abb. 2 / Hier liegen die Stell-schrauben in Richtung nachhal-tige Mobilität

► Abb. 3 / Die Zertifizierung er-folgt in drei Schritten

Zertifizierungsablauf				
Phasen	Aktionen			
Erste Phase	Vorläufige Analyse der Unternehmensmobilität			
	Definition von Zielsetzungen			
	Definition des Verbesserungsprogramms			
Implementierungsphase	Nachverfolgung			
	Jährliche Messung			
	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
Vorläufige Analyse Unternehmensmobilität	■	■		
Definition der Verbesserungsprogramme	■	■		
Implementierung von Maßnahmen		■	■	■
Nachverfolgung		■	■	■
Jährliche Evaluation		■	■	■

© Bundesverband Fuhrparkmanagement e. V.

▶ INFO

ERSTE ZERTIFIZIERUNG

Das erste Unternehmen, das die Europäische Zertifizierung für nachhaltige Unternehmensmobilität durch den Fuhrparkverband erhalten hat, war 2021 die Carglass GmbH. Sie gehört zu den Unternehmen, die sich dafür einsetzen, die betriebliche Mobilität langfristig zu verändern. „Eine erste Zertifizierung durch den Bundesverband Fuhrparkmanagement erfolgte bereits 2019 mit einem Umweltaudit. Für uns war die ECSM-Zertifizierung auf europäischer Ebene der logische nächste Schritt. Denn wir sind nach wie vor ambitioniert und möchten die Verbesserung der Unternehmensmobilität hin zu mehr Nachhaltigkeit fördern“, sagt Oliver Benz, Senior Experte Mobility Management & Sustainable Supply Chain Management.

Frankreich, Großbritannien, Österreich und der Schweiz. Ziel der FMFE war es von Anfang an, eine internationale, koordinierte Vertretung der Mitgliedsunternehmen für Fuhrparkverbände zu schaffen. Diese sah ein homogenes und zertifiziertes Ausbildungsprogramm auf europäischer Ebene in den Bereichen Flottenmanagement und Mobilität vor. In dieses Konzept passt auch die Zertifizierung, durch die eine Verbesserung in der Nachhaltigkeit und im Mobilitätsmanagement angestrebt wird.

In dem Zertifizierungsprozess wird die gesamte Unternehmensmobilität berücksichtigt. (Abb. 2) Handlungsfelder für die Optimierungen liegen unter anderem im Bereich der betrieblichen Mobilitätsstrategie. Dort ist neben der Einführung einer nachhaltigen Mobilitätspolitik auch die globale Messung der erzeugten Emissionen möglich. Haben Fuhrparkverantwortliche sich noch nicht mit alternativer Mobilität auseinandergesetzt beziehungsweise noch keine alternativen Fahrzeuge in die Flotte in-



© Pixabay

▶ Abb. 4 / Die passende Wahl der Antriebe ist nur ein Baustein für nachhaltigere betriebliche Mobilität

tegriert, können durch die Zertifizierung wichtige Impulse gesetzt werden. Aufseiten der Unternehmensflotte sind Verbesserungen hinsichtlich der Flottendimensionierung und der Energieeffizienz denkbar. Durch Veränderungen der Mitarbeitermobilität lässt sich eine effizientere und sichere Mobilität gewährleisten. Auch auf Ebene der Kunden und Lieferanten können positive Effekte auf die Nachhaltigkeit erzielt werden. Denkbar sind hier Parameter zur Nachhaltigkeit. Es zeigt sich, dass gerade bei Ausschreibungen viele Unternehmen auf eine nachhaltige Arbeitsweise setzen. Dies ermöglicht unter anderem Umstrukturierungen bei der Anlieferung.

Nachhaltige Mobilität wird vorangetrieben

Unternehmen, die sich dem Zertifizierungsprozess stellen, machen ernst. Sie wollen sichtbar die Optimierung der Unternehmensmobilität hin zu mehr Nachhaltigkeit fördern und so einen Beitrag zu langfristigen ökologischen Verbesserungen leisten. Wer die Ziele erreicht und Schadstoffemissionen reduziert, agiert nicht nur im Sinne unserer Umwelt. Das allein wäre schon ein wichtiger Anlass. Zusätzlich können Kosten eingespart werden.

Die Zertifizierung erfolgt in drei Schritten. (Abb. 3) Nach dem Auftrag zur Begleitung und zur Zertifizierung ist die Ist-Analyse angesiedelt, die den aktuellen Zustand eines Unternehmens beschreibt. Es müssen zunächst alle wesentlichen Informationen



© Pixabay

▶ Abb. 5 / Elektrifizierung der Flotte kann – wo möglich – ein Weg sein

Insbesondere europaweit agierende Unternehmen profitieren von den länderübergreifend gültigen Standards.

zur Unternehmensmobilität analysiert, Ziele definiert und ein Verbesserungsprogramm erarbeitet werden. Das Hauptaugenmerk der Bewertung liegt beispielsweise auf der Organisation der betrieblichen Mobilität, auf der eingesetzten Technik und der Nutzung alternativer Antriebe. Da jedes Unternehmen anders aufgestellt ist, findet die Bewertung individuell statt. Dazu kommt, dass nicht jeder alternative Antrieb auch automatisch umweltfreundlich ist. Falsch eingesetzt führen sie nicht nur zu erheblichen Mehrkosten gegenüber den fossilen Antrieben, sondern zusätzlich zu einer negativen Umweltbilanz. Auch mit herkömmlichen Antrieben kann die Umweltbilanz verbessert werden, etwa durch eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs. (Abb. 4)

In der Implementierungsphase werden die abgeleiteten Maßnahmen umgesetzt und nachverfolgt. Danach ist der Zertifizierungsprozess aber noch nicht abgeschlossen. Er sieht eine vierjährige Betreuung vor, bei der jährlich eine Evaluation erfolgt. Dabei werden die Ergebnisse mit den Zielen abgeglichen. Um veränderte Rahmenbedingungen, neue Technologien und Möglichkeiten in den Zertifizierungsprozess einzubinden, können nach der Überprüfung Ziele und Maßnahmen angepasst werden. Der ECSM-Ergebnisbericht zeigt den Unternehmen auf, was sie richtig machen und in welchen Aspekten Verbesserungsbedarf besteht. Dieser Schritt ist aber auch wichtig, um Erfolge und Veränderungen im Mobilitätsmanagement des Fuhrparks sichtbar zu machen.

Vorteile für Fuhrparkbetreiber

Einer der großen Vorteile der Zertifizierung liegt in der Verbesserung der Wahrnehmung – sowohl intern als auch extern. Warum? Die soziale Verantwortung eines Unternehmens wird deutlich, indem die Nachhaltigkeitsziele transparent gemacht werden und mit konkreten und messbaren Maßnahmen unterlegt sind. Der Weg zu einem nachhaltigeren Mobilitätsmanagement wird greifbar. Das begeistert auch aktuelle und potenzielle Mitarbeitende und steigert die Zufriedenheit und Arbeitgeberattraktivität. Aber nicht nur in Bezug auf die Wirkung können Fuhrparkbetreiber profitieren. Hinzu kommen außerdem eine Verbesserung der Mobilität, insbesondere durch alternative Mobilitätslösungen, sowie der

Beitrag zur Emissionsminderung. Auf längere Sicht können sich zudem erhebliche Einsparungspotenziale ergeben. Ein wesentlicher Vorteil für Fuhrparkverantwortliche liegt außerdem in der Begleitung durch Experten. Insbesondere wenn Unternehmen noch am Anfang der Mobilitätswende stehen und Strategien zur Nachhaltigkeit noch ausgebaut werden müssen, ist es hilfreich, durch andere begleitet zu werden. Vor allem der Einstieg in die Elektromobilität ist für viele Fuhrparkbetreiber eine Herausforderung. (Abb. 5) Im Rahmen der mehrjährigen Begleitung durch Experten des Verbands werden konkrete Maßnahmen festgelegt und es findet eine fundierte Beratung statt.

Durch das europäische Netzwerk der FMFE wird ein international ausgerichteter Standard geschaffen, der die Besonderheiten der Länder berücksichtigt. So können Unternehmen in allen beteiligten Ländern eine einheitliche Vorgehensweise nutzen und müssen dennoch nicht auf die Berücksichtigung der länderspezifischen Besonderheiten verzichten. Insbesondere europaweit agierende Unternehmen profitieren von den länderübergreifend gültigen Standards. Die Zertifizierung mit dem Ziel einer langfristigen Verbesserung der Unternehmensmobilität ist als Investition in die Zukunft zu verstehen, die Unternehmen vielfältige Optionen bereitstellt. Eines ist klar: Alle Unternehmen müssen sich auf den Weg zur Mobilitätswende machen, denn Nachhaltigkeit muss flächendeckend und ernsthaft umgesetzt werden. Nur dann erreichen wir etwas und die Mobilitätswende wird umsetzbar. ↗



MARC-OLIVER PRINZING

gilt als einer der führenden Experten für Fuhrparkthemen. Der Diplom-Betriebswirt und Leasingfachwirt hat jahrzehntelange Erfahrung in verschiedenen Führungspositionen und Aufgabenbereichen rund um das Fuhrparkmanagement. Er ist als Berater und Dozent bei der Dekra Akademie tätig und nimmt einen Lehrauftrag für Flottenmanagement an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (Nürtingen/Geislingen) wahr. Seit Oktober 2010 ist er Vorstandsvorsitzender des Bundesverbands Fuhrparkmanagement e. V. Kernaufgabe des Verbands ist, die fachlichen betriebswirtschaftlichen und rechtlichen Belange und Interessen der Mitglieder zu vertreten.

KUNSTSTOFFFREZYKLAT – AUFKOMMEN UND EINSATZ ERHÖHEN

PETER ORTH

Im Kampf gegen den Klimawandel wird die Notwendigkeit einer Rohstoffwende zur Minimierung der Emission von Treibhausgasen, insbesondere CO₂, bewusst. Brenn- und Treibstoffe auf fossiler Basis werden durch solche aus erneuerbaren Rohstoffen substituiert, die zukünftige Rohstoffbasis der Chemie werden zirkuläre Rohstoffe sein. Die zukünftige Kreislaufwirtschaft wird ganz wesentlich ein Kohlenstoffkreislauf sein. Kunststoffabfälle von heute sind mithin die Ressourcen von morgen und somit sorgfältig zu hüten.

Der Blick auf die derzeitige Behandlung von Kunststoffabfällen in Europa zeigt, dass von 29,3 Mt erfasster Abfälle 2018 [1] lediglich 9,8 Mt (33 %) stofflich verwertet wurden, während 12,4 Mt (42 %) energetisch verwertet und 7,1 Mt (24 %)

deponiert wurden. (Abb. 1) Unsere Kunststoffabfälle von heute bergen also ein enormes Ressourcenpotenzial. Abb. 2 listet eine Auswahl von Maßnahmen zur Ressourcenschonung auf, um dieses Potenzial zu heben. Im Folgenden seien vier Punkte genauer betrachtet.

▶ INFO

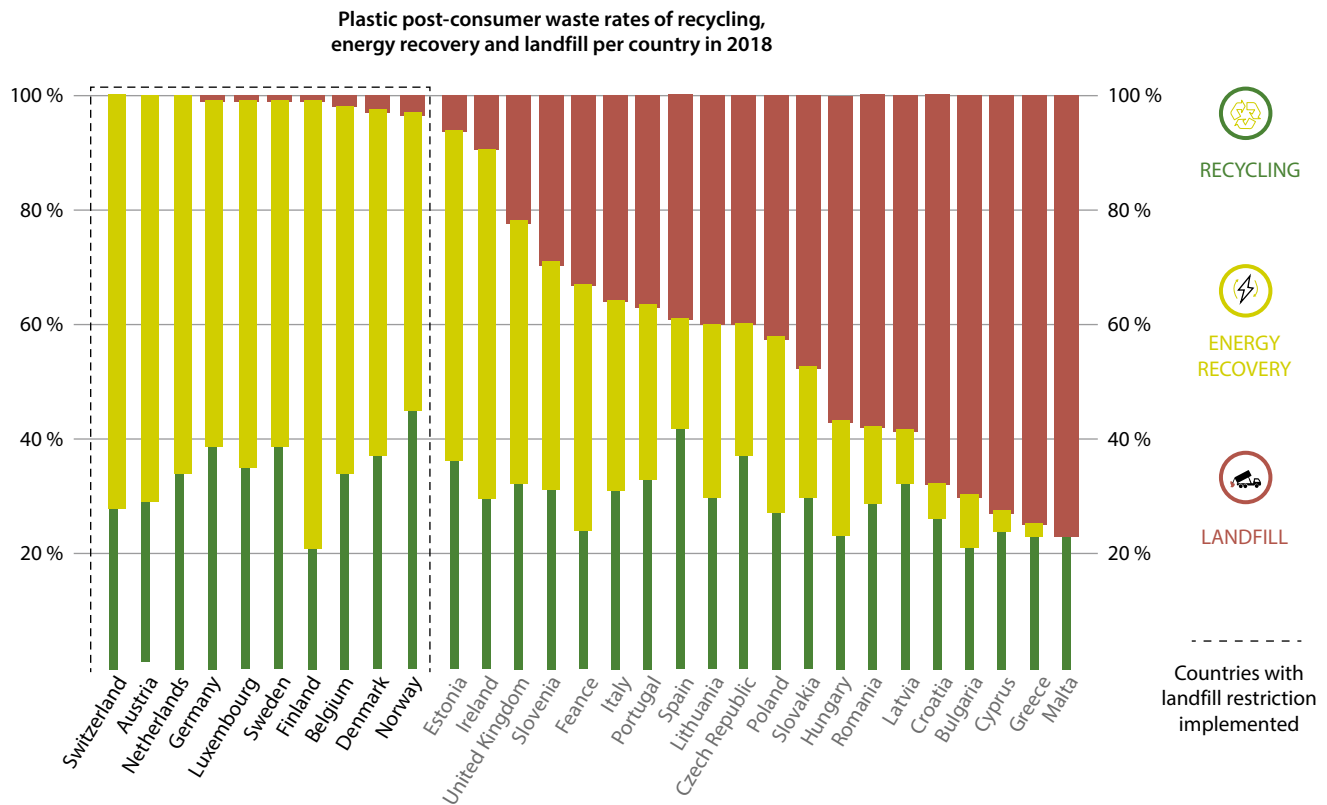
WERKSTOFFLICHES RECYCLING

Nach Aufbereitung, Sortierung und Mahlen wird getrocknetes Kunststoffmahlgut bereitgestellt oder in einem nächsten Prozessschritt zu Agglomeraten oder Regranulaten verarbeitet. Bei der Agglomeration werden die Partikel des Mahlputs durch oberflächliches Aufschmelzen miteinander verbunden, um Partikelform und -größe zu vereinheitlichen und höhere Schüttdichten zu erreichen. Zur Herstellung homogener Regranulate wird das Mahlgut aufgeschmolzen, über einen Extruder geführt und gegebenenfalls mit Zuschlagstoffen (Ruß, Pigmenten, Verstärkungsfasern) compoundiert (ausgerüstet). Schmelzefilter sorgen für eine Abtrennung noch enthaltener Störstoffe (Holzfasern, Lackpartikel). Die homogenisierte Schmelze wird schließlich granuliert. Abhängig vom betriebenen Aufwand kommen die Eigenschaften der Neuware nahe.

Die Konsumenten und ihre Abfälle

Die von den Dualen Systemen über die Lizenzgebühren für den Grünen Punkt finanzierte Gelbe Tonne für Leichtverpackungen (LVP), die in vielen Regionen Deutschlands als Wertstofftonne geführt wird, ist für viele Konsumenten schlicht die "Kunststofftonne". In diesen Abfallbehälter gehen Fehlwürfe im zweistelligen Prozentbereich, darunter Füllgut- und Lebensmittelreste; mangelnde Materialseparierung und Zweckentfremdung von Verpackungen (Kontaminationen) sind gängig; die Gelbe ist lediglich eine von mehreren Mülltonnen. Viele wissen nicht um die nachfolgende Verwertung und haben wenig Motivation, dazu beizutragen. Welchen persönlichen Vorteil hätten Sie auch davon? Um die Konsumenten in den Ressourcenkreislauf einzubinden, bedarf es intensiver und kontinuierlicher Kommunikation und Information, womit wir Anfang des Jahrhunderts bereits recht weit

► Abb. 1 / Kunststoffabfallbehandlung in Europa



© PlasticEurope 2019

waren und woran die Dualen Systeme derzeit mit der anlaufenden Kampagne "Mülltrennung wirkt" wieder anknüpfen. Die saubere Sammlung von Abfällen in Haus und Hof stellt viele Konsumenten in dicht besiedelten Regionen vor nahezu unlösbare Probleme und schließlich fehlen eine Wertvorstellung und -vergütung. Von der weiteren Entwicklung wird abhängen, in welchem Maße das Aufkommen verwertbarer Abfälle erhöht werden kann.

Verwertungsverfahren

Weltweit hat sich in den vergangenen 30 Jahren das werkstoffliche Recycling als das Verwertungsverfahren für Kunststoffabfälle etabliert. Doch unterliegt das werkstoffliche Recycling einer Reihe von Restriktionen, die von sehr unterschiedlichen Faktoren herrühren und diese Form der Verwertung erschweren oder verhindern können. In Abb. 3 sind einige von ihnen zusammengestellt und möglichen Lösungsmöglichkeiten gegenübergestellt. Einige lassen sich durch Kooperation der Partner im Kunststoffkreislauf überwinden, andere durch Verfahrensinnovationen, weitere durch konsequente Standardisierung. Trotzdem werden viele Kunststoffabfälle auch zukünftig nicht werkstofflich rezyklierbar sein.

Deshalb wird mittlerweile intensiv an der Entwicklung von Verfahren des chemischen oder rohstofflichen Recyclings gearbeitet, die komplementär zum werkstofflichen Recycling eingesetzt werden können. Perspektivisch werden damit auch vermischte oder kontaminierte Abfälle, Materialverbünde und vernetzte Materialien rezyklierbar, sodass auf energetische Verwertung mit einhergehenden CO₂-Emissionen und auf Deposition verzichtet werden und das Ressourcenpotenzial zukünftiger Kunststoffabfälle maximal genutzt werden kann.

► Abb. 2 / Maßnahmen zur Ressourcenschonung

Deponierung ohne Vorbehandlung	in der EU einstellen
Verbrennung	auf das Mindestmaß beschränken
Kreislaufeignung der Produkte	konsequent verbessern
Mindeststandards	obligatorisch einführen
Konsumenten	in die Kreisläufe einbeziehen
Abfallsammlung	Quantität und Qualität erhöhen
Abfallverwertung	technologieoffen maximieren
Abfallexporte	regeln und reduzieren
Regulatorischer Rahmen	gezielt entwickeln

▶ INFO

CHEMISCHES ODER ROHSTOFFLICHES RECYCLING

Dies ist die Depolymerisation von Polymeren mit chemischen oder thermochemischen Verfahren, wobei die Makromoleküle in Monomere oder andere chemische Grundbausteine zerlegt werden, die als Rohstoffe wieder in der chemischen oder kunststoffherzeugenden Industrie eingesetzt werden. Die Kunststoffabfälle durchlaufen damit einen Verwertungsweg zu Stoffen für den ursprünglichen oder für einen anderen Zweck. Mit der Nutzung nicht werkstofflich verwertbarer Abfälle erweitert das rohstoffliche Recycling das Spektrum der stofflichen Verwertungsverfahren. So lassen sich größere Mengen Kohlenstoff im Kreislauf führen, was zur Defossilisierung der Industrie, also zur Reduzierung beziehungsweise zum Verzicht auf den Einsatz fossiler Kohlenstoffträger, beiträgt.

Weltweit arbeiten viele Forschungsinstitutionen und Unternehmen an der Entwicklung chemischer oder physikalisch-chemischer Recyclingverfahren wie lösungsmittelbasierte (für einige lösliche Kunststoffe), solvolytische (für Polykondensate und Polyaddukte) oder thermochemische Verfahren (für Polyolefine, Duroplaste und Kautschuke). Vielerorts werden für diese unterschiedlichen Verfahren Anlagen geplant oder errichtet.

Beispiel PET-Flasche

Ein Beispiel für einen außergewöhnlichen Produktkreislauf ist die PET-Flasche. *Abb. 4* zeigt den Stand der Verwertung von Getränkeflaschen aus PET (Polyethylenterephthalat). [2] Im Jahr 2020 wurden in Deutschland nahezu 100 % der PET-Flaschen gesammelt und mit einer Ausbeute von circa 93 % recycelt. Von den dabei erzeugten Rezyklaten wurden circa 38 % wieder

für die Flaschenherstellung eingesetzt, 62 % gingen in andere Anwendungen. In Großbritannien oder Frankreich wurden im gleichen Jahr unwesentlich mehr als 50 % gesammelt, in anderen Ländern Europas kaum 25 %. [3]

PET-Einweg- und Mehrwegflaschen sind in Deutschland bepfandet, die Konsumenten zahlen beim Kauf des Produktes ein Pfand, das sie bei Abgabe an einer Rückgabestelle in Form eines Bons zurückerhalten (Pfandsystem). Dies ist eine hohe Motivation, solche Flaschen separat zu sammeln und zurückzubringen (Bringsystem). An den Rückgabestellen sind spezielle Rücknahmeautomaten installiert, die bepfandete Flaschen erkennen, erfassen, separieren und deren Volumen reduzieren. Gemeinsam mit dem rücknahmepflichtigen Handel haben Getränkeabfüller, Packmittelhersteller und Rohstofflieferanten das Design der Flasche und das PET dafür sukzessive optimiert und standardisiert. Daraus hergestelltes Rezyklat ist für den Wiedereinsatz in Getränkeflaschen zugelassen und wird in steigendem Maße auch dafür verwendet. Darüber hinaus eignet sich das hochwertige, transparente Rezyklat für viele andere Anwendungen auch außerhalb der Verpackungsindustrie. (*Abb. 4*)

Rezyklateinsatzquoten

Die EU schreibt mit der Single-Use-Plastics-Richtlinie (SUP) für 2025 einen Rezyklatanteil von 25 % in PET-Flaschen vor [4], definiert damit eine produktspezifische Rezyklateinsatzquote und erntet so eine „low hanging fruit“. Doch lässt sich das Beispiel kaum beliebig multiplizieren und verallgemeinern.

Produktspezifische Rezyklateinsatzquoten verpflichten Inverkehrbringer definierter Produkte zum Einsatz von Rezyklaten in einem gesetzlich festgelegten Umfang. Rezyklatanbieter erhalten so Investitionssicherheit und eine Nachfragegarantie. Ein solcher Eingriff in Marktwirtschaft und Produktgestaltung

▶ Abb. 3 / Restriktionen für werkstoffliches Recycling

Problem	Mögliche Lösung
Materialschädigung durch mechano-thermische Behandlung im Extruder	Einsatz von Stabilisatoren bei der Extrusion
Unterschiedliche Farbeinstellungen erzwingen Schwarzeinfärbung	Kreislaufeignung (DfR)
Mangelnde Standardisierung gleicher oder vergleichbarer Anwendungen	Standardisierung
Material-Mix (Verbünde, Etiketten, Kombinationen, ...) kaum trennbar	Mindeststandards (ZSVR)
Gefüllte Materialien (Pigmente, Füllstoffe, Flammschutzmittel, Verstärkungsfasern, ...)	unter Umständen Lösungsverfahren
Kontaminationen (Medikamente, verd. Lebensmittel, Chemikalien, Pflanzenschutz.)	kaum werkstofflich rezyklierbar
Vernetzte Materialien (Duroplaste, Polyurethane, Kautschuke)	nicht werkstofflich rezyklierbar

▶ Abb. 4 / PET-Flasche im Kreislauf



geht aber auch mit Risiken einher. Versorgungsengpässe bei Rezyklaten führen zu steigenden Preisen von Rezyklaten und daraus hergestellten Produkten. Den Unternehmen drohen zudem unverschuldete Vermarktungsverbote. Für produktspezifische Rezyklateinsatzquoten muss also sichergestellt sein, dass Rezyklate in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung stehen. Spinnt man den Ansatz fort, wären für zahllose Produkte Quoten zu definieren, die kleinteilig im Europäischen Binnenmarkt zu überwachen und deren Nichteinhaltung zu sanktionieren wäre.

Material- oder polymerspezifische Rezyklateinsatzquoten hingegen verpflichten Kunststoffhersteller dazu, einen Mindestanteil am Markt abgesetzter Kunststoffe aus Sekundärrohstoffen oder zirkulären Rohstoffen allgemein zu generieren. Die Menge an Neuware wird so durch die Menge an veräußerten Rezyklaten limitiert. Substitutionsquoten lassen sich allgemein für den Werkstoff Kunststoff oder für einzelne Polymerarten wie PE, PP, PET oder PS festlegen. Bei diesem Modell kann der Gesetzgeber sich auf Vorgaben für einige wenige Marktteilnehmer beschränken. [5]

Fazit

Die angestrebte Defossilisierung führt die Kunststoffindustrie in die Kreislaufwirtschaft, in der Abfälle zu Ressourcen, zu zirkulären oder erneuerbaren Rohstoffen werden. Der Abfallwirtschaft kommt eine neue Rolle als Ressourcenwirtschaft zu. Die Konsumenten müssen in der Kreislaufwirtschaft ihre Rolle übernehmen. Mit einem Mix von Einsatzquoten für Rezyklate und andere zirkuläre Rohstoffe wird der Gesetzgeber diese Entwicklung befördern. ↩

Literaturhinweise

- [1] PlasticsEurope 2020. Online: <https://www.plasticseurope.org/de/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>, aufgerufen am 01.02.22
- [2] GVM/IK 2020: GVM 2020: Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung: Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019, Kurzfassung. Mainz, Oktober 2020
- [3] Chemietechnik 2021. Online: <https://www.chemietechnik.de/sicherheit-umwelt/sammeln-und-recycling-von-pet-in-europa-377.html>, aufgerufen am 03.02.2022
- [4] EU 2019: Richtlinie (EU) 2019/904 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt
- [5] AGVU/IK 2020. Online: https://www.agvu.de/wp-content/uploads/2020/06/FINAL-Diskussionspapier_AGVU_IK_Mindesteinsatzquoten-für-Kunststoff-Rezyklate.pdf, aufgerufen am 01.02.22



DR. PETER ORTH

ist Chemiker und führt mit OPC – Orth Plastics Consulting eine Gruppe von Senior Consultants mit jahrzehntelanger Berufserfahrung in leitender Stellung in der deutschen und europäischen Kunststoffindustrie und ihren Verbänden. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in den Feldern Innovation und Nachhaltigkeit in Zusammenarbeit mit Wissenschaft, Industrie und Politik. Aktuell arbeitet er auf den Themenfeldern Rohstoff CO₂, Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft.

MEHR EFFIZIENZ UND TRANSPARENZ IM ABFALLMANAGEMENT

Ein Verpackungsspezialist hat das Recyclingziel „Zero Waste to Landfill“, auf gut Deutsch: keinerlei betriebliche Abfallprodukte auf Mülldeponien zu entsorgen, im Blick. Auf dem Weg dahin gilt es für ihn, sein Abfallmanagement einfacher, effizienter und transparenter zu organisieren. Die Implementierung einer Softwarelösung hat ihm dabei entscheidend geholfen und den Zeitaufwand für das Abfallmanagement um bis zu zwei Drittel gesenkt.

Ursprünglich unter dem Namen Bosch Packaging Technology als Geschäftsbereich Verpackungstechnik der Robert Bosch Gruppe zugehörig, ist die Syntegon Technology GmbH seit 2019 ein eigenständiges Unternehmen mit Hauptsitz in Waiblingen. Im Jahr 2020 generierten 6000 Mitarbeiter an 30 Standorten in 15 Ländern einen Umsatz von circa 1,3 Milliarden Euro. Als einer der führenden Anbieter von Prozess- und Verpackungstechnik, vor allem für die Pharma-, Nahrungsmittel- und Süßwarenindustrie, hat Nachhaltigkeit für Syntegon Priorität. Der Standort des Produktbereichs Pharma in Crailsheim hatte sich deshalb vorgenommen, das gesamte Abfallmanagement einfacher, effizienter und transparenter zu organisieren. Um die gesetzten Recyclingziele umzusetzen, war eine passende Softwarelösung gefragt. (Abb. 1)

Herausforderungen

Der Standort Crailsheim verwaltet mehr als 25 Container für fast 60 verschiedene Abfallarten sowie ein Dutzend Entsorger. Bestellungen per Fax oder E-Mail, Excel-Tabellen und Word-Dokumente – aufgrund verschiedener Kommunikationswege und Ablagesysteme waren das Abfallmanagement und

Die Transparenz tagesaktueller Daten hilft uns dabei, neue Recyclingziele zu entwickeln und Nachhaltigkeitskampagnen für die Reduzierung von Verpackungsmaterial voranzubringen.

Sebastian Östreicher

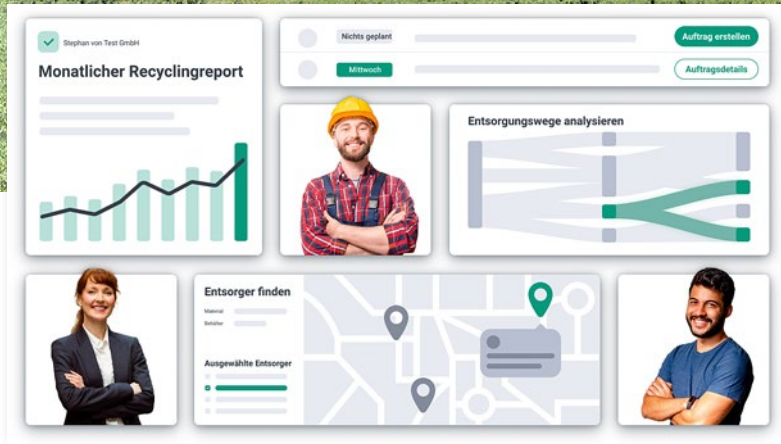
Head of Environment, Health, and Safety Syntegon Technology GmbH

die Recyclingprozesse bisher sehr papierlastig und nicht für alle Mitarbeiter transparent.

Die Abläufe rund um Abfall, Wertstoffe und Recycling brauchten dringend einen neuen Ansatz. „Es mochte sich keiner an das Abfallmanagement heranwagen, weil alles so kompliziert war“, erinnert sich Janett Witzer, damals Projektmanagerin im Facility Management. Dabei sind Syntegons Ziele ambitioniert: „Langfristig wollen wir nicht recycelbare Abfälle ganz vermeiden“, erläutert Sebastian Östreicher, Head of En-



© Syntegon / Resourcify



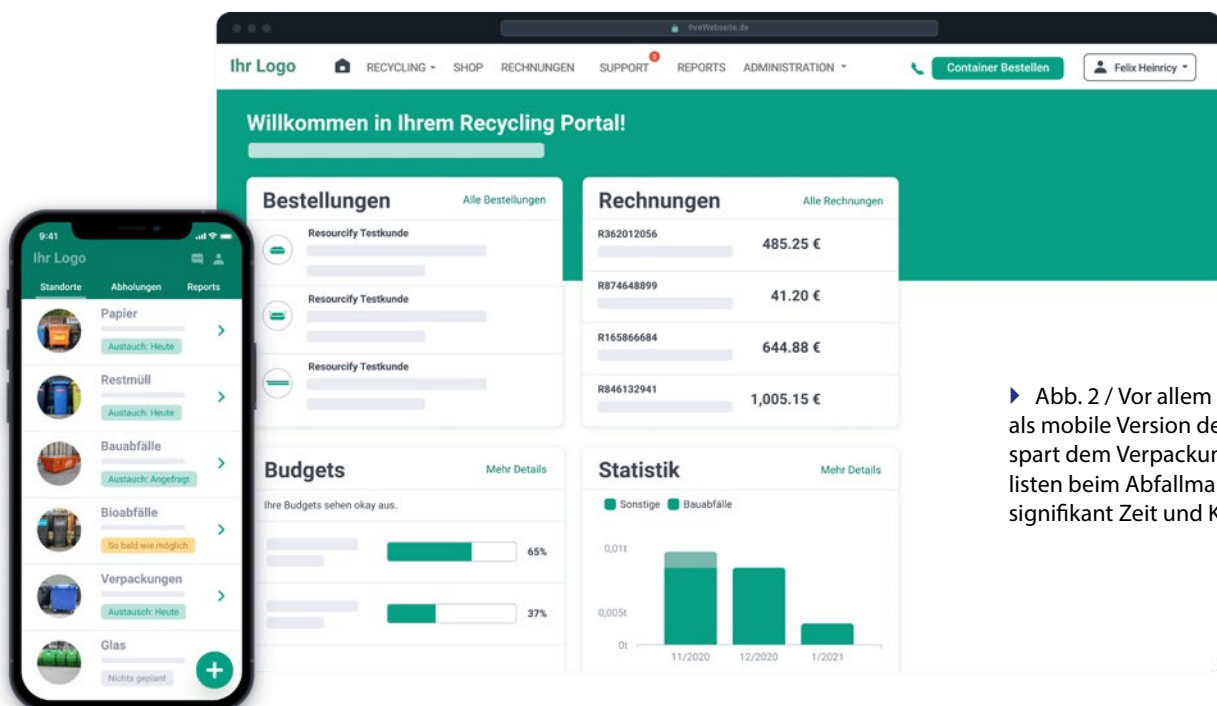
► Abb. 1 / Die Software hilft dem Verpackungsspezialisten Syntegon nicht nur dabei, sein Abfallmanagement einfacher, effizienter und transparenter zu organisieren, sondern setzt auch Impulse für neue Recyclingziele

vironment, Health, and Safety bei Syntegon. Vereinfachung durch Digitalisierung war darum ein notwendiger nächster Schritt. Bei der Suche nach einer passenden Software fiel die Entscheidung auf Resourcify.

Die Lösung

Die Umstellung auf Resourcify erfolgte schnell und mit minimalem Aufwand, erinnert sich Janett Witzer, die vor Ort

das Abfallmanagement verwaltete: „Es war alles sehr einfach zu verstehen, ohne komplexe Schulungen. In einem kompakten Vortrag von 30 Minuten wurde uns erklärt, wie es funktioniert, und wir haben schnell erkannt, wie viele Vorteile uns das System bringt.“ Die Anpassungen von Resourcify an die Erfordernisse des Syntegon-Standorts waren ein großer Vorteil, ebenso wie der persönliche Service, die regelmäßige Kommunikation, die Unterstützung in der Einführungsphase sowie das gute Preis-Leistungs-Verhältnis. „Wir als Mitar-



► Abb. 2 / Vor allem die App als mobile Version der Software spart dem Verpackungsspezialisten beim Abfallmanagement signifikant Zeit und Kosten

5 FRAGEN AN FELIX HEINRICY, CO-FOUNDER UND CCO VON RESOURCIFY

Für wen eignet sich der Einsatz Ihrer Software und kann sie individuell angepasst werden?

Die Software bildet die kompletten operativen, innerbetrieblichen Abfallmanagementprozesse ab, sowohl für nicht-gefährliche als auch für gefährliche Abfälle. Insofern ist sie in allen Unternehmen für die abfall- und entsorgungsrelevanten Abläufe und Dokumentationen einsetzbar. Schließlich erfordern die wachsenden gesetzlichen Anforderungen von allen Unternehmen komplexe Berichte und Auswertungen, die ohne digitale Lösungen nicht mehr umsetzbar wären. Darüber hinaus nehmen wir aber auch individuelle Anpassungen vor, wie zum Beispiel kundenspezifische Schnittstellen oder Funktionen. So entwickeln wir derzeit gemeinsam mit einem Kunden ein Tool, das die CO₂-Bilanz der jeweiligen Abfallströme und Recyclingwege des Unternehmens berechnen soll. Damit wird sichtbar, wie viel CO₂ mit Recycling eingespart werden kann im Gegensatz zur thermischen Verwertung.

Was ist das Besondere an Ihrer Software – was kann sie bieten, was Wettbewerbsprodukte nicht können?

Unternehmen können mit unserer Software ihre gesamten Abläufe rund um das Abfallmanagement digitalisieren. Gleichzeitig bietet unsere Plattform die Anbindung zu den Entsorgungsdienstleistern. Dadurch ist ein großes, ständig wachsendes



© Resourcify

Partnernetzwerk mit bereits über 200 Entsorgern in Deutschland entstanden. Der Datentransfer erfolgt dabei vollautomatisch – von der Beauftragung über die Ausführung bis hin zur Rechnungsprüfung und Auswertung genügt ein Knopfdruck, um bestimmte Prozesse auszulösen. Basierend auf den konkreten Abfalldaten der Unternehmen schlägt unsere Software zu-

beiter waren von Anfang an wirklich begeistert: Es funktionierte einfach“, berichtet Janett Witzer.

Sebastian Östreicher ging es bei der Einführung der neuen Software vor allem darum, die Abläufe im Abfallmanagement zu digitalisieren und zudem effizienter zu gestalten. „Dabei hat uns Resourcify ein großes Stück weitergeholfen“, sagt Östreicher. Die Zeiten manuell geführter Excel-Tabellen für Rechnungen und Kennzahlen waren damit vorbei. Die Daten für seine Quartalsberichte an die Unternehmenszentrale erhält er jetzt direkt aus der Software von Resourcify. Und von der Transparenz über alle Abfälle und Wertstoffe kann das gesamte Unternehmen profitieren.

Auch Verwertungswege können nun voll kontrolliert werden. „Wir können jetzt sehr viele Entsorger sowie Dutzende Abfallarten transparent und übersichtlich verwalten. Damit gewinnen wir Zeit, um an unseren Recyclingzielen zu arbeiten“, berichtet Janett Witzer. „Wir sehen jetzt genau, was tatsächlich anfällt, und können Veränderungen anstoßen, um zum Beispiel schon in der Produktion Abfälle zu vermeiden.“

Die Ergebnisse

Vor allem die App als mobile Version von Resourcify spart Syntegon beim Abfallmanagement signifikant Zeit und Kosten. (Abb. 2) Aufträge für die Abholung oder den Tausch von

▶ INTERVIEW

dem Optimierungen vor, um die jeweilige Sortier- und Recyclingquote zu erhöhen und Wertstoffkreisläufe zu schließen.

Wie kann die Software Unternehmen konkret dabei helfen, ihre Recyclingziele zu erreichen?

Mit unserer Software werden Abfallmanagement und Recyclingprozesse transparent. So können Unternehmen mit der digitalen Unterstützung bereits an der Anfallstelle die Wertstoffe und Reststoffe besser sortieren. Wertstoffe werden damit früher identifiziert, und es können neue Möglichkeiten für die Verwertung gefunden werden, zum Beispiel mit der Vermarktung über unser Partnernetzwerk. Eine bessere Sortierung vor Ort bedeutet daher auch eine höhere Recyclingquote. Zudem erkennen Abfallmanager mithilfe des umfassenden Trackings und der vielfältigen digitalen Auswertungen, wie sich Indikatoren wie Abfalltrennung oder Abfallbilanz entwickeln und können entsprechend handeln, um die Recyclingziele schneller zu erreichen.

Mit welchen Änderungen in der Abfallgesetzgebung sind Unternehmen aktuell konfrontiert?

Laut Gewerbeabfallverordnung müssen heute 90 % der Materialien von den Unternehmen schon an der Anfallstelle sortiert und dokumentiert werden: Papier, Glas, Kunststoffe, Metalle, Bioabfälle, Holz und Textilien. Außerdem gibt es Novellierungen beim

Verpackungsgesetz, dabei geht es um erweiterte Registrierungspflichten für verwendete Verpackungen. Zudem müssen nach einer entsprechenden EU-Richtlinie bis Ende 2025 Kunststoffverpackungen zu 50 % wiederverwendet oder recycelt werden. Dazu kommen das Elektroggesetz zur Rücknahme und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, das jetzt auch passive Geräte einschließt, wie Möbel mit integrierter Beleuchtung, sowie die Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Hier geht es um strengere Vorgaben zur Getrenntsammlung und um höhere Recyclingquoten.

Wie können Sie Unternehmen dabei unterstützen, darauf zu reagieren?

Indem wir die Prozesse des Abfallmanagements und des Recyclings digital abbilden, bieten wir eine solide Datenbasis für die vielfältige, gesetzlich geforderte Dokumentation und Nachverfolgung. Für die Unternehmen wird damit die Entsorgungskette vollständig transparent. Die Digitalisierung ermöglicht zudem die Standardisierung aller Prozesse rund um das Abfallmanagement. Damit können Unternehmen nicht nur effizient allen Pflichten zur Dokumentation nachkommen, gleichzeitig können sie ihren Arbeitsaufwand senken und ein besseres Recycling erreichen.

Das Interview führte Martina Klein, Redakteurin.

Containern können direkt an der Sammelstelle per Knopfdruck ausgelöst werden, die Bestätigung der Entsorger kommt automatisch. Die Verwaltung von Entsorgern, Lieferscheinen und Rechnungen konnte zudem erheblich vereinfacht werden, und das bei gewährleistetester Rechtssicherheit der Abfalldokumentation. „Mein Zeitaufwand für das Abfallmanagement ist um zwei Drittel gesunken und ich kann mir trotzdem sicher sein, dass alles korrekt abläuft“, berichtet Janett Witzer.

Durch das effizientere Abfallmanagement war der ROI (Return on Investment) für die Investition schnell erreicht. „Mit den tagesaktuellen Daten, die Resourcify mir automatisch liefert, sehe ich jetzt genau, welche Mengen von welchen Fraktionen tatsächlich bei uns anfallen und was damit geschieht“, erklärt Se-

bastian Östreicher. „Diese Transparenz hilft uns dabei, neue Recyclingziele zu entwickeln und Nachhaltigkeitskampagnen für die Reduzierung der Menge an Verpackungsmaterial voranzubringen.“ „Zero Waste to Landfill“ rückt damit erstmals in erreichbare Nähe. ↗

KONTAKT

Resourcify GmbH

Hamburg

E-Mail: info@resourcify.de

www.resourcify.de

WASSERSTOFF – SCHLÜSSEL DER ENERGIEWENDE?

BORIS SCHOLTKA / KARL HOLTkamp / SIMON MEYER

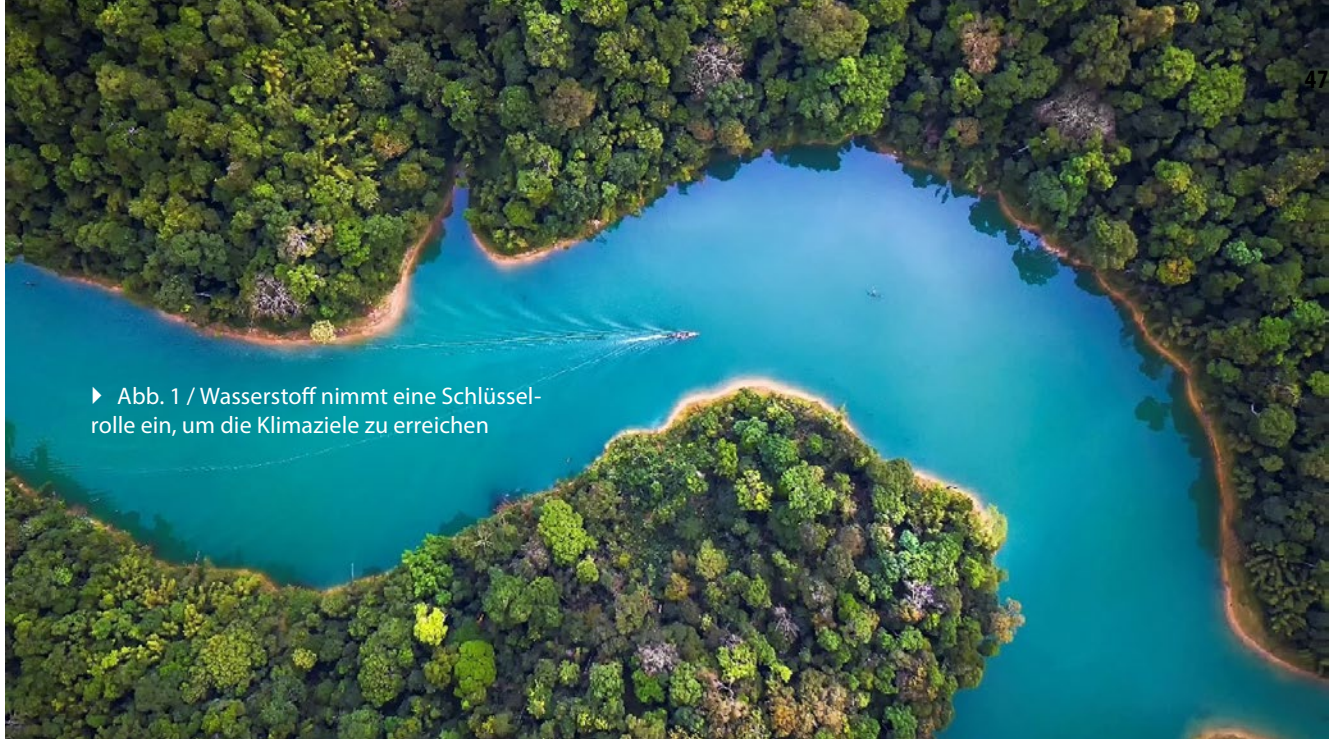
Der am 11.12.2019 vorgestellte European Green Deal sieht als Zielsetzung die Klimaneutralität Europas bis 2050 vor. Damit dieser Kraftakt gelingen kann, bedarf es verschiedener Transformationsprozesse. Einer davon ist die Energiewende. Wasserstoff soll dabei als vielfältig einsetzbarer Energieträger eine Schlüsselrolle einnehmen. Insbesondere grüner Wasserstoff soll überall dort zum Einsatz kommen, wo der Umstieg von fossilen Brennstoffen auf Strom schwierig ist. Hierfür wird es neben der Weiterentwicklung verschiedener Wasserstofftechnologien entscheidend auf einen hinreichend konkreten Rechtsrahmen ankommen, der für den Hochlauf von Wasserstoff die richtigen Prioritäten setzt.

Die Debatte um Ambition und Verlauf von CO₂-Transformationspfaden in der Industrie ist derweil in vollem Gange. Die Europäische Kommission hat am 14.07.2021 das sogenannte Fit-for-55-Paket vorgestellt [1], zu dem bereits eine Reihe von Gesetzentwürfen diskutiert werden, um die nächsten Schritte der Europäischen Union auf dem Weg hin zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 festzulegen. Dieses Maßnahmenpaket konkretisiert die Ziele des European Green Deal, der von der Europäischen Kommission im Dezember 2019 ausgerufen worden war und Klimaneutralität des Kontinents bis 2050 anstrebt. Das Fit-for-55-Paket gibt hierfür nun den Takt für die nächsten Jahre vor: Ziel ist, die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 zu senken. Die Bundesregierung hält nach dem novellierten Klimaschutzgesetz gar nationale Einsparungen von 65 % bis 2030 statt der national bislang bereits vorgesehenen 55 % für ein machbares und sinnvolles Zwischenziel auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045. Wie aktuelle Daten zum Anstieg des CO₂-Ausstoßes nach dem Pandemiejahr 2020 verdeutlichen, können diese Ziele nur mittels ambitionierter Minderungsleistungen in allen Sektoren realisiert werden. Neben dem möglichst frühen Ausstieg aus der Kohleverstromung, dem Ausbau der

Wasserstoff kommt eine Schlüsselrolle zu, da er einen Green Switch hin zu Produktionsprozessen mit niedrigem CO₂-Ausstoß ermöglichen kann.

erneuerbaren Energien und der Sanierung des Gebäudebestands sollte dabei der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft für die Industrie oberste Priorität haben.

Um die Klimaziele zu erreichen, stehen verschiedene Technologiepfade für eine Transformation zur Verfügung. Wasserstoff kommt hier eine Schlüsselrolle zu, da er einen „green switch“ hin zu Produktionsprozessen mit niedrigerem CO₂-Ausstoß ermöglichen kann. (Abb. 1) Für die tatsächliche Umsetzung sind die Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von (grünem) Strom und (grünem) Wasserstoff erforderlich, zudem sind aktuell auch Erdgas und blauer Wasserstoff als Übergangslösung bis 2030 notwendig, um schrittweise die emissionsintensiven



► Abb. 1 / Wasserstoff nimmt eine Schlüsselrolle ein, um die Klimaziele zu erreichen

© EYStock/Imago

Industrieprozesse zu verlassen. Sowohl Verfügbarkeit als auch Wirtschaftlichkeit hängen aktuell maßgeblich von den gesetzlichen und untergesetzlichen Rahmenbedingungen ab, die einerseits Fördertatbestände vorsehen und andererseits regulatorische Vorgaben machen, etwa als Grundlage für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur.

Herausforderungen und Prioritäten für einen Rechtsrahmen zum Wasserstoffhochlauf

Der Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft braucht vorausschauende energierechtliche Rahmenbedingungen. Diese sollten diejenigen Bereiche priorisieren, in denen auch mittel- und langfristig ein substanzieller Bedarf für (grünen) Wasserstoff bestehen wird. Bestimmte Kriterien für den Einsatz von Umlagebefreiungen und sonstigen Fördermitteln können deren effiziente Verwendung über den gesamten Prozess zum Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft hinweg sicherstellen:

- Eine höchstmögliche CO₂-Minderung bereits bis 2030: Dieses erste Kriterium stellt sicher, dass sich Förderschwerpunkte dort herausbilden, wo bereits frühzeitig Bedarf besteht.
- Eine begrenzte Verfügbarkeit alternativer Technologien und Verfahren: Das zweite Kriterium zeigt auf, inwieweit die Nachfrage auf alternative Energieträger und Verfahren zurückgreifen kann. Je eher das der Fall ist, desto geringer werden Nutzer langfristig wasserstoffbasierte Anwendungen brauchen (und zu zahlen bereit sein). Die Förderung sollte sich also zunächst und

Die Umlagebefreiung soll einen Anreiz für die Produktion von grünem Wasserstoff setzen und so den Markthochlauf beschleunigen.

insbesondere auf Bereiche fokussieren, in denen Alternativen nicht oder nur begrenzt erkennbar sind.

- Ein langfristig anhaltender Bedarf: Das dritte Kriterium präferiert schließlich Bereiche, in denen ein langfristiger Bedarf, eine gleichbleibende Auslastung und verlässliche Zahlungsströme generiert werden können.

In der Grundstoffindustrie sind diese Kriterien sämtlich erfüllt. Hier besteht ein hoher Reinvestitionsbedarf bei langlebigen Anlagen. Gleichzeitig ist das Potenzial für andere Technologien eingeschränkt – vor allem die Elektrifizierung ist in vielen Bereichen keine Alternative. Nicht zuletzt generieren langfristige Investitionen in Anlagen und Infrastruktur eine stetige Nachfrage nach Wasserstoff. In der Stahlherstellung werden beispielsweise bereits Direktreduktionsanlagen als Ersatz für Hochofen pilotiert. Diese Anlagen werden nicht mit Kohle, sondern mit Gas betrieben. Solange noch nicht ausreichend klimaneutraler Wasserstoff verfügbar ist, kann als Übergangslösung auch Erdgas eingesetzt werden. Auch in der Chemie- und Metallindustrie können in den kommenden Jahren wasserstoffbetriebene Kessel zur Dampf- und Hochtemperaturerzeugung ältere Anlagen ersetzen, die bislang mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Zudem

- ▶ Abb. 2 / Wasserstoff ermöglicht die Transformation hin zu Produktionsprozessen mit niedrigerem CO₂ Ausstoß

kann grüner Wasserstoff in der Grundstoffchemie grauen Wasserstoff als Rohstoff ersetzen. (Abb. 2) Erste Pilotverfahren zur Erzeugung von grünem Stahl gibt es bereits, gerade auch in Deutschland. Um die CO₂-Einsparziele zu erreichen und die erforderliche Transformation der Industrie zu fördern, knüpft das novellierte EEG 2021, das am 01.01.2021 in Kraft getreten ist, an zwei wesentlichen Stellen an: Zum einen kann als neue „Besondere Ausgleichsregelung“ unter bestimmten Voraussetzungen eine Reduzierung der EEG-Umlage für den zur Wasserstoffherstellung eingesetzten Strom beantragt werden. Dies gilt aktuell auch (noch) für grauen Wasserstoff. Zum anderen ist eine vollständige EEG-Umlagebefreiung für Strom, der zur Herstellung von grünem Wasserstoff eingesetzt wird, vorgesehen.

EEG-Umlagereduzierung für Strom zur Herstellung von Wasserstoff

Die Neuregelung in §§ 63 Abs. 1a, 64a EEG 2021 hat die bestehende Besondere Ausgleichsregelung um Ermäßigungen für die „Herstellung von Wasserstoff in stromkostenintensiven Unternehmen“ ergänzt. (Abb. 3) Unternehmen, die Industriegase herstellen und bei denen elektrochemische Verfahren zur Wasserstoffherstellung den größten Beitrag zur gesamten Wertschöpfung ausmachen, können eine Reduzierung ihrer EEG-Umlage beantragen. Es erfolgt mindestens eine Reduzierung auf 15 % an den Abnahmestellen, für die die Voraussetzungen vorliegen. Besteht eine Stromkostenintensität von 20 % und mehr, wird die EEG-Umlage darüber hinaus auf höchstens 0,5 % der Bruttowertschöpfung begrenzt. § 64a EEG 2021 enthält gegenüber der bisherigen Besonderen Ausgleichsregelung für stromkostenintensive Unternehmen verschiedene Vereinfachungen, unter anderem die folgenden:

- An der Abnahmestelle ist kein Mindeststromverbrauch von 1 GWh erforderlich
- Es sind keine bestimmte Stromkostenintensität und kein EEG-Testat erforderlich
- Auch nicht selbstständige Unternehmensteile können den Antrag stellen
- Neu gegründete Unternehmen stellen den Antrag auf der Basis von Prognosedaten
- Die Begrenzung auf der Basis von Prognosedaten wirkt unmittelbar, ohne Zeitverzug



- Die Begrenzung wirkt ab der ersten Kilowattstunde
- Im Fall einer EEG-Umlagebegrenzung nach § 64a EEG 2021 erfolgt eine entsprechende Begrenzung der KWKG-Umlage und der Offshore-Netzumlage.

Eine Begrenzung der EEG-Umlage des für die Herstellung von Wasserstoff eingesetzten Stroms kann wie schon bisher auch nach § 64 EEG 2021 erfolgen. Dies wird über § 64 Abs. 8 EEG 2021 indirekt klargestellt. Derzeit ist das Schicksal dieser Regelungen jedoch ungewiss. Hintergrund sind die Überlegungen der Bundesregierung zur Abschaffung der EEG-Umlage zum Jahresbeginn 2023, möglicherweise sogar schon früher. Die Abschaffung ist jedoch kein so einfaches Unterfangen. Denn es muss geklärt werden, wie die bisherigen Fördermechanismen umgestaltet werden und wie sich die Europäische Kommission diesbezüglich verhält. Auch wenn es keine EEG-Umlage generell mehr geben soll und Ziel die Senkung der Stromkosten vor allem bei (Haushalts-)Verbrauchern ist, bleibt abzuwarten, wie die Europäische Kommission mit dem Thema umgehen wird. So wird die Abschaffung vereinzelt als Beihilfe angesehen. Unternehmen ist daher derzeit zu empfehlen, bezüglich der Besonderen Ausgleichsregelung erst einmal alles so voranzutreiben, als gäbe es die EEG-Umlage zunächst weiterhin. Dabei ist ergänzend zu bedenken, dass eine Umlagenbegrenzung auch für weitere, den Strombezug verteuernde Umlagen (zum Beispiel KWKG-Umlage, Offshore-Umlage) gilt.

Vollständige EEG-Umlagebefreiung für die Herstellung von grünem Wasserstoff

§ 69b EEG 2021 regelt eine vollständige Befreiung von der EEG-Umlage für Strom zur Herstellung von Grünem Wasserstoff, wenn der Strom in einer Einrichtung verbraucht wird, die über einen eigenen Zählpunkt mit dem Netz verbunden ist und die vor dem 01.01.2030 in Betrieb genommen wird. Eine Befrei-

ung scheidet hingegen aus, wenn die EEG-Umlage des jeweiligen Unternehmens in einem Kalenderjahr bereits aufgrund der Besonderen Ausgleichsregelung nach § 64a EEG 2021 begrenzt ist. Die Regelungen stehen mithin alternativ nebeneinander. Zur Regelung der Anforderungen an grünen Wasserstoff im Verordnungsweg ist die Bundesregierung nach § 93 EEG 2021 ermächtigt. Nach dem Willen der Bundesregierung können inhaltliche, räumliche oder zeitliche Anforderungen gestellt werden, um sicherzustellen, dass nur Wasserstoff als grüner Wasserstoff gilt, der ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wurde und mit einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung vereinbar ist. Die Bundesregierung hat diese Ermächtigungsgrundlage zum Erlass der Verordnung zur Umsetzung des EEG 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften (Erneuerbare-Energien Verordnung, EEG) genutzt und darin die Anforderungen an grünen Wasserstoff definiert [2]. Demnach müssen im Kern drei Voraussetzungen kumulativ erfüllt sein:

- Der zur Produktion von Wasserstoff benötigte Strom darf ausschließlich aus erneuerbaren Energien stammen, wobei er zu mindestens 80 % aus der Preiszone für Deutschland stammen muss und maximal zu 20 % aus Anlagen, die in einer mit Deutschland elektrisch verbundenen Preiszone liegen.
- Der Erzeugungsstrom darf zudem weder nach dem EEG noch nach dem KWKG gefördert werden.
- Weiter muss der Wasserstoff innerhalb der ersten 5.000 Vollbenutzungsstunden produziert worden sein.

Im Übrigen gibt die Verordnung insbesondere Auskunft über die Herkunft des Stroms. Hier gilt für Strom aus der deutschen Preiszone ein engmaschiger Nachweis über sogenannte optional gekoppelte Herkunftsnachweise. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass der bilanziell gelieferte Strom und der Herkunftsnachweis von derselben Erneuerbare-Energien-Anlage stammen, d. h. Verkäufer des Stroms und Inhaber des Herkunftsnachweises identisch sind. Etwas anders gilt vorerst für Strom aus dem Ausland. Hier reichen zum Nachweis einfache Herkunftsnachweise, die theoretisch auch separat gekauft werden können, um Graustrom „grün“ zu machen. Auch wenn dieses „Greenwashing“ auch auf Kritik stößt, ist doch insgesamt zu sagen, dass unter dem Strich auch dies eine Förderung regenerativer Energie ist und Unternehmen diese Möglichkeit gerade auch als Brücke nutzen, bis eigene Kapazitäten aufgebaut sind.

Wird der Strom nicht durch das Netz der allgemeinen Versorgung durchgeleitet, muss vergleichbar mit der Eigenversorgung eine Zeitgleichheit zwischen Erzeugung und Verbrauch bezogen auf

Es wird 2000-mal mehr Wasserstoff benötigt, als die deutschen Elektrolyseanlagen heute produzieren können.

jedes 15-Minuten-Intervall sichergestellt sein. Die an diese Voraussetzungen anknüpfende Umlagebefreiung soll einen Anreiz für die Produktion von grünem Wasserstoff setzen und so den Markthochlauf beschleunigen. Es handelt sich um eine Übergangsregelung für die aktuelle Phase des Markthochlaufs. Dies wird auch durch einen ausdrücklichen Verweis auf die „unverzögliche“ Anpassung an die Anforderungen der EU, sobald diese die Anforderungen an grünen Wasserstoff näher bestimmt, verdeutlicht.

Zwischenfazit

Demnach gelten die Anforderungen an grünen Wasserstoff – zunächst – nur im Rahmen von § 69b EEG, der eine vollständige Befreiung von der EEG-Umlage vorsieht. Eine Reduzierung der EEG-Umlage auf grundsätzlich 15 % im Rahmen der Besonderen Ausgleichsregelung (§§ 64, 64a EEG 2021) bleibt somit für Elektrolyseverfahren auch bei Graustrombezug möglich. Laut Verordnungsbegründung hat sich das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bewusst dagegen entschieden, in diesem Bereich ebenfalls Grünstromanforderungen einzuführen, sodass entgegen §§ 64 Abs. 8, 93 EEG 2021 mit einer solchen Beschränkung kurzfristig (noch) nicht zu rechnen ist.

Die Verordnungsbegründung sieht bereits heute potenzielle Änderungen vor. So wird derzeit geprüft, wie auch bei ausländischem Strom eine Kopplung zwischen EE-Anlage und Herkunftsnachweis sichergestellt werden kann, um den rein virtuellen Zukauf von Grünstromzertifikaten zu vermeiden. Auf der anderen Seite sollen perspektivisch Standortkriterien auch innerhalb von Deutschland dort eine Rolle bei der Förderung spielen, „wo ein hohes Erneuerbaren-Potenzial und geologische Speicher zur Wasserstoffspeicherung genutzt werden können und ein Zugang zu einer Wasserstoffinfrastruktur möglich ist“. Eine genaue Festlegung hierzu soll aber erst Ende 2023 erfolgen.

Die EEG bringt erstmals Licht ins Dunkel, wann im Sinne des EEG von grünem Wasserstoff auszugehen ist. Angesichts der teilweise auf europäischer Ebene hiervon abweichenden Vorschläge bleibt abzuwarten, ob es zukünftig nicht ein einheitliches Begriffsverständnis geben wird. Auf nationaler Ebene kann die



► Abb. 3 / Die elektrochemische Herstellung von Wasserstoff ist stromintensiv. Um die Stromkosten zu reduzieren, hat der Gesetzgeber neue Regelungen eingeführt

Stromversorgung aus EE-Anlagen aber bereits heute hinreichend über gekoppelte Herkunftsnachweise sichergestellt werden.

Unausgeglichen erscheint im Übrigen das Verhältnis zwischen den einzelnen Fördertatbeständen im EEG, insbesondere vor dem Hintergrund, dass § 69b EEG 2021 auf 5.000 Vollbenutzungsstunden begrenzt werden soll und entgegen §§ 64 Abs. 8, 93 EEG 2021 für die Besondere Ausgleichsregelung kein Grünstromerfordernis gilt.

Sofern die Bundesregierung ihr Vorhaben aus dem Koalitionsvertrag umsetzt und die EEG-Umlage tatsächlich ab 2023 vollständig über den Bundeshaushalt finanziert, werden sich die Stromkostenanteile hin zu CO₂-Zertifikaten und ggf. höheren Steuern verschieben. Mit der Abschaffung der EEG-Umlage plant die Bundesregierung zugleich die an die Besondere Ausgleichsregelung gekoppelten Umlagen in ein eigenes Gesetz zu überführen.

Regulierung der Wasserstoffinfrastruktur

Parallel zum Markthochlauf muss auch die Verfügbarkeit des Energieträgers rasch erhöht werden. Es ist absehbar, dass in Deutschland hergestellter grüner Wasserstoff nicht ausreichen wird, um den Bedarf in den nächsten Jahren und vor allem ab 2030 zu decken. Aktuell sind Elektrolyseure mit weniger als 100 Megawatt in Betrieb. Fünf Gigawatt, 50-mal so viel, sollen es laut Nationaler Wasserstoffstrategie bis 2030 werden [3]. Auch das würde nicht ausreichen. Wir bräuchten 2000-mal mehr Wasserstoff, als die deutschen Elektrolyseanlagen heute produzieren können.

Zwei Drittel des Bedarfs werden Wasserstoffimporte decken müssen. Das macht gerade für die Verbrauchszentren wie das Ruhrgebiet oder den Südwesten eine bessere leitungsgebundene Anbindung und eine verstärkte grenzüberschreitende Zusammenarbeit nötig. Grüner Wasserstoff könnte zum Beispiel von der Nordsee kommen – hier ist eine Zusammenarbeit mit dem Vereinigten Königreich und Dänemark geplant. Auch Mittelmeerstaaten, der Nahe Osten und Nordafrika sowie Australien und Chile bieten sich als Partner für die Produktion grünen Wasserstoffs an.

Entscheidend für die Umsetzung etwaiger Wasserstoff- und Importpartnerschaften wird demnach vorrangig der Ausbau der Leitungsinfrastruktur und mithin der Aufbau eines Wasserstoffnetzes in Deutschland sein. (Abb. 3) Dies gilt auch für Teilnetze zum Transport in die Verbrauchszentren. Nachdem die Bundesregierung im Juni letzten Jahres die Nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht hat, legte sie Mitte Februar 2021 einen Gesetzesentwurf zum Regulierungsregime für reine Wasserstoffnetze vor, der Mitte Juli 2021 in Kraft getreten ist [4].

Die Regelungen sehen vor, dass Wasserstoffnetzbetreiber über einen Opt-in-Ansatz selbst entscheiden sollen, ob sie ihre Netze der Regulierung unterwerfen wollen. Entscheidet sich der Wasserstoffnetzbetreiber für die Regulierung, so gilt dies umfassend für Zugangs- und Entgeltregulierung wie auch für die Entflechtung. Der Gesetzgeber hat sich somit grundsätzlich gegen eine verpflichtende Unterwerfung aller bestehenden und künftigen Wasserstoffleitungen und -netze unter ein Regulierungsregime entschieden. Die Erklärung eines Unternehmens, sich der Regulierung zu unterwerfen, ist allerdings unwiderruflich und gilt unbefristet für alle Wasserstoffnetze eines Betreibers. Der Gesetzgeber möchte dadurch nach eigenem Bekunden etwaig bestehende Rechtsunsicherheiten beim Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur beseitigen und den Betreibern und Marktteilnehmern Planungs- und Investitionssicherheit geben.

Konkret wurde das Regulierungsregime für Wasserstoffnetze im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) verankert. Ziel ist es, einen gesetzlichen Rahmen für den Einstieg in eine Wasserstoffnetzinfrastruktur zu schaffen, auf dessen Basis der Markthochlauf von Wasserstoff schnell voranschreiten kann. Denn im Moment beschränken sich die in Deutschland verfügbaren Wasserstoffnetze weitgehend auf direkte Versorgungsleitungen, die insbesondere von der chemischen Industrie genutzt werden.

Der Anschluss und Zugang zur Wasserstoffinfrastruktur sollen zwar zu angemessenen und diskriminierungsfreien Bedingungen gewährt werden, allerdings im Wege des verhandelten Netzzugangs. Das war die Zugangsalternative, die zunächst

Für die Umsetzung von Wasserstoff- und Importpartnerschaften ist der Ausbau der Leitungsinfrastruktur und der Aufbau eines Wasserstoffnetzes in Deutschland entscheidend.

auch bei der Liberalisierung des Strom- und Gasmarktes galt. Bei Wasserstoffnetzen erfolgt die Entgeltregulierung jedoch von Anfang an kostenbasiert und die Regulierungsbehörde kann diese festlegen oder genehmigen. Zudem ist aufgrund einer im Gesetzesentwurf in § 28n Abs. 4 EnWG-E vorgesehenen Verordnungsmächtigung über kurz oder lang mit einer entsprechenden Verordnung zur Ausgestaltung zu rechnen. Die Geschäftsbedingungen sind nunmehr auf der jeweiligen Betreiber-Internetseite zu veröffentlichen und für alle Marktteilnehmer dort einsehbar.

Ausblick

Die Entwicklungen zum Wasserstoff sind sehr dynamisch und werden auch auf europäischer Ebene weiter vorangetrieben. Die ersten Regelungen zur Regulierung der Wasserstoffinfrastruktur im EnWG werfen eine ganze Reihe von Fragen auf, zum Beispiel unter welchen Voraussetzungen es überhaupt sinnvoll ist, sich freiwillig der Regulierung zu unterwerfen.

2022 wird die EU einen vollständigen Rechtsrahmen für Wasserstoff vorstellen. Dabei spielt auch die Taxonomie für Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle, die eine Art Standard für grüne Investments sein soll. Noch nicht endgültig geklärt ist, ob die EU nur grünen Wasserstoff privilegiert oder auch Wasserstoff aus Atomstrom oder fossiler Energie, wenn das Kohlendioxid gespeichert (CCS) oder stofflich genutzt (CCU) wird. Umweltverbände fordern strenge Schwellenwerte, auch wegen der bislang unterschätzten Methanemissionen bei der Erdgasförderung und beim -transport. Auf der anderen Seite droht Widerstand gegen zu strenge Taxonomie-Vorgaben von mehreren EU-Staaten, der eine Umsetzung des Green Deals als Ganzes blockieren könnte. Klar scheint nur eines: Grüner Wasserstoff wird auf lange Sicht in Europa die erste Wahl bei der Dekarbonisierung der Industrie sein. ↗

Literaturhinweise

- [1] Fit-for-55-Paket. Online: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de, aufgerufen am 01.09.2021
- [2] Verordnung zur Umsetzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften v. 14.07.2021, BGBl. v. 19.07.2021, Teil I, S. 2860; zuvor BT-Drs. 19/29793 v. 19.05.2021 und BT-Drs. 19/30902 v. 22.06.2021, Online: www.bundestag.de, aufgerufen am 01.09.2021
- [3] Die Nationale Wasserstoffstrategie. Online: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>, aufgerufen am 01.09.2021
- [4] Gesetz zur Umsetzung unionsrechtlicher Vorgaben und zur Regelung reiner Wasserstoffnetze im EnWG, BGBl. 2021, Teil I, v. 16.07.2021
- [5] Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen, and Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the internal markets for renewable and natural gases and for hydrogen. Online: <https://eur-lex.europa.eu>, abgerufen am 15.12.2021
- [6] EU-Taxonomie: Kommission leitet Expertenkonsultation zu ergänzendem delegierten Rechtsakt über bestimmte Kernenergie- und Gastätigkeiten ein. Online: <https://ec.europa.eu>, abgerufen am 01.01.2022



DR. BORIS SCHOLTKA

leitet die Energierechtspraxis von EY Law in Deutschland, Österreich und der Schweiz und hat über 20 Jahre Berufserfahrung in der Beratung zum Energierecht.



KARL HOLTkamp

berät Industrieunternehmen zu den energierechtlichen Herausforderungen rund um Wasserstoff, etwa Stahlerzeuger zur Umstellung auf Herstellungsverfahren mit niedrigerem CO₂ Ausstoß.



DR. SIMON MEYER

leitet die Umweltrechtspraxis von EY Law in Deutschland. Dr. Meyer und sein Team beraten Industrie- und Infrastrukturunternehmen sowie Kommunen in öffentlich-rechtlichen Fragen, insbesondere im Planungs-, Umwelt- und Abfallrecht.

WIE DIE EUROPÄISCHE KLIMAPOLITIK DIE WIRTSCHAFT UMWÄLTZT

JULIAN SCHORPP

Mit dem Green Deal hat sich die Europäische Union vorgenommen, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf nahezu null zu reduzieren. Die nun in Gang gesetzten gesetzlichen Anpassungen werden für viele Unternehmen höhere CO₂- und Energiepreise mit sich bringen. Zudem werden zahlreiche ordnungsrechtliche Vorgaben strenger ausgestaltet. Ziel der Politik ist es, eine Umstellung der Energieversorgung und Produktionsprozesse anzureizen. Ob dies tatsächlich gelingt, hängt von vielen Rahmenbedingungen ab, die bislang noch nicht bekannt sind. Welche Auswirkungen hat der Green Deal auf die Industrie?

Die klimapolitischen Ziele des Green Deals sind nicht nur überaus ambitioniert, sondern auch gesetzlich verankert. Denn das einschlägige Europäische Klimagesetz ist im Juli 2021 in Kraft getreten. Innerhalb von knapp drei Jahrzehnten soll die gesamte EU treibhausgasneutral werden. Kein Sektor der europäischen Wirtschaft kann im Jahr 2050 mehr relevante Mengen Treibhausgase ausstoßen. (Abb. 1) Insgesamt darf die aus 27 Mitgliedstaaten bestehende EU nur noch knapp mehr als die Hälfte dessen emittieren, was allein Deutschland aktuell jährlich emittiert. Sehr geringe Mengen unvermeidbare Restemissionen sollen durch Entnahmen von CO₂ aus der Atmosphäre ausgeglichen werden. Auch auf dem Weg hin zur Treibhausgasneutralität haben die Gesetzgeber entschieden, aufs Gaspedal zu drücken. So wurde das für 2030 festgeschriebene CO₂-Reduktionsziel angehoben. (Abb. 2)

Gesetze betreffen die Wirtschaft unmittelbar

Doch es bleibt nicht bei einer ambitionierten Zukunftsvision: Die EU arbeitet minutiös an einer Überarbeitung und Erweiterung des gesetzlichen Rahmens, um die Ziele zu erreichen. Im Juli 2021 hat die Europäische Kommission ein erstes umfassendes

des Gesetzespaket mit dem Titel „Fit for 55“ vorgelegt. Bis 2030 sollen die CO₂-Emissionen der EU um 55 % gesenkt werden. Die erforderliche Minderungsleistung verdoppelt sich hierdurch nahezu. Was zunächst abstrakt erscheint, hat weitreichende Auswirkungen auf viele deutsche Unternehmen, insbesondere aus der Industrie. Denn einerseits werden die CO₂-Preise für die Breite der Wirtschaft steigen. Andererseits sind auch strengere ordnungsrechtliche Vorgaben, beispielsweise im Bereich Verkehr und Gebäude, zu erwarten. (Abb. 3)

▶ INFO

CARBON LEAKAGE

Carbon Leakage bedeutet, dass Unternehmen Produktion oder Investitionen in Länder verlagern, in denen sie aufgrund geringerer Klimaschutzambitionen niedrigere CO₂-Kosten schultern müssen. Eine solche Entwicklung schadet dem Wirtschaftsstandort Deutschland und führt nicht zu den gewünschten CO₂-Einsparungen.



© Igor / stock.adobe.com

► Abb. 1 / Die EU hat sich vorgenommen, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf nahezu null zu reduzieren

Insgesamt darf die aus 27 Mitgliedstaaten bestehende EU nur noch knapp mehr als die Hälfte dessen emittieren, was allein Deutschland aktuell jährlich emittiert.

CO₂-Bepreisung im Zentrum der Reformen

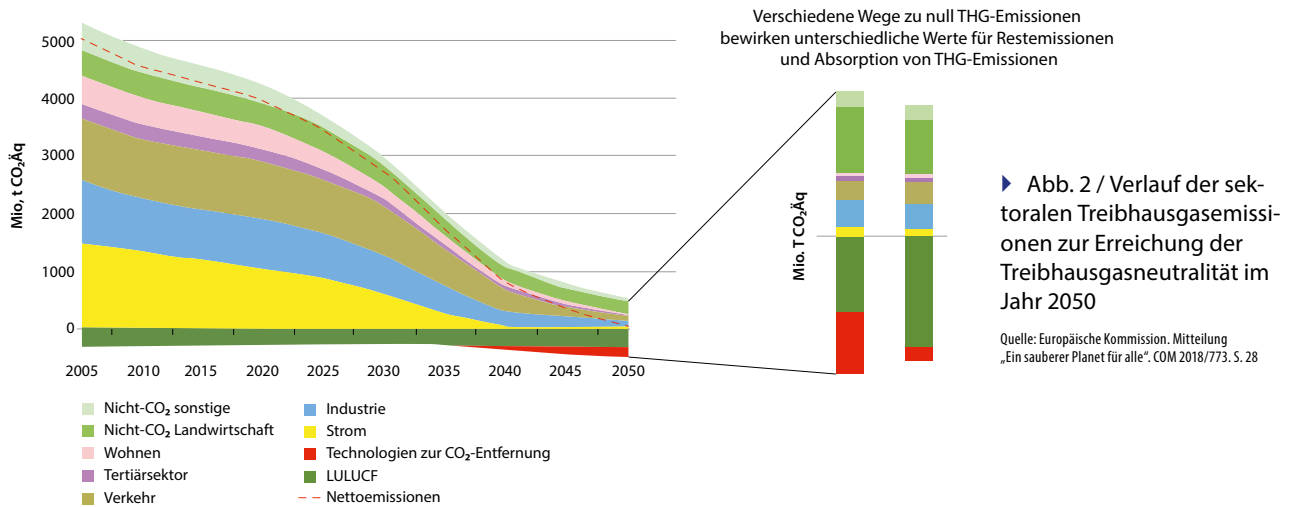
Zentraler Bestandteil des „Fit for 55“-Pakets ist die erneute Novelle des Europäischen Emissionshandels. Die Menge der für die emissionshandelspflichtigen Anlagen zur Verfügung stehenden Zertifikate soll viel schneller verknappt werden. Über die gesamte vierte Handelsperiode würde die Kürzung etwa zwei Milliarden Emissionsberechtigungen betragen. Diese Anpassung führt vornehmlich zu steigenden CO₂-Preisen für die erfassten Kraftwerke und Feuerungsanlagen der energieintensiven Industrie, deren Zahl sich in Deutschland auf etwas mehr als 1800 beläuft. Die Kommission rechnet mit Preisen von 85 Euro pro t CO₂ im Jahr 2030. Analysten erwarten teils dreistellige Preise. Gleichzeitig führt die vorgeschlagene Verknappung dazu, dass die Mengen für die kostenfreie Zuteilung für hocheffiziente Industrieanlagen nicht mehr ausreichen. Infolgedessen enthält der Vorschlag der Kommission Regelungen, die für einige Branchen ab dem Jahr 2026 zu einer noch stärkeren Kürzung der freien Zuteilung führen würden. Die Anlagenbetreiber müssten daher mehr Zertifikate zukaufen – und dies zu sehr viel höheren Preisen. Für einzelne Anlagen ergeben sich jährliche (CO₂-)Mehrkosten im sechs- bis achtstelligen Bereich. (Abb. 4)

Neues Emissionshandelssystem umstritten

Zusätzlich zur Reform des bestehenden EU-Emissionshandels schlägt die Europäische Kommission vor, ab dem Jahr 2026 ein neues europaweites Handelssystem für die Bereiche Verkehr und Gebäude einzuführen. Ähnlich wie das seit Januar greifende deutsche nationale Emissionshandelssystem (BEHG), würden die Inverkehrbringer von Kraft- und Treibstoffen zum Handel verpflichtet. Die entstehenden CO₂-Kosten würden an die Verbraucher weitergereicht. Diesel, Benzin, Heizöl und Kohle würden EU-weit teurer. Anders als im deutschen BEHG soll die industrielle Prozesswärme nicht erfasst werden. Denn die Brüsseler Behörde vertritt die Auffassung, dass der Aufwand für die notwendigen Mechanismen zum Schutz der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe den Nutzen ihrer Einbeziehung in den Handel übersteigen würde. Für deutsche Unternehmen bietet dies eine besondere Herausforderung, denn der deutsche Emissionshandel bezieht die industrielle Prozesswärme derzeit noch ein. Das EU-System soll von Beginn an einen freien Handel ermöglichen. Politisch ist der Vorschlag höchst umstritten. Sowohl im Europäischen Parlament als auch im Rat der Mitgliedstaaten – die im Gesetzgebungsverfahren das letzte Wort haben – zeichnen sich bislang keine Mehrheiten ab.

Neue Vorgaben für Verkehr und Gebäude

Um massiv mehr CO₂ einzusparen, setzt die EU nicht allein auf den Emissionshandel. Ordnungsrechtliche Vorgaben sollen als Teil eines Instrumenten-Mix ebenfalls einen wichtigen Beitrag leisten. So hat die Kommission in ihrem „Fit for 55“-Paket eine erneute Absenkung der CO₂-Emissionsstandards für neue Pkw und leichte Nutzfahrzeuge verankert. Ab 2035 sollen sogar Nullemiss-



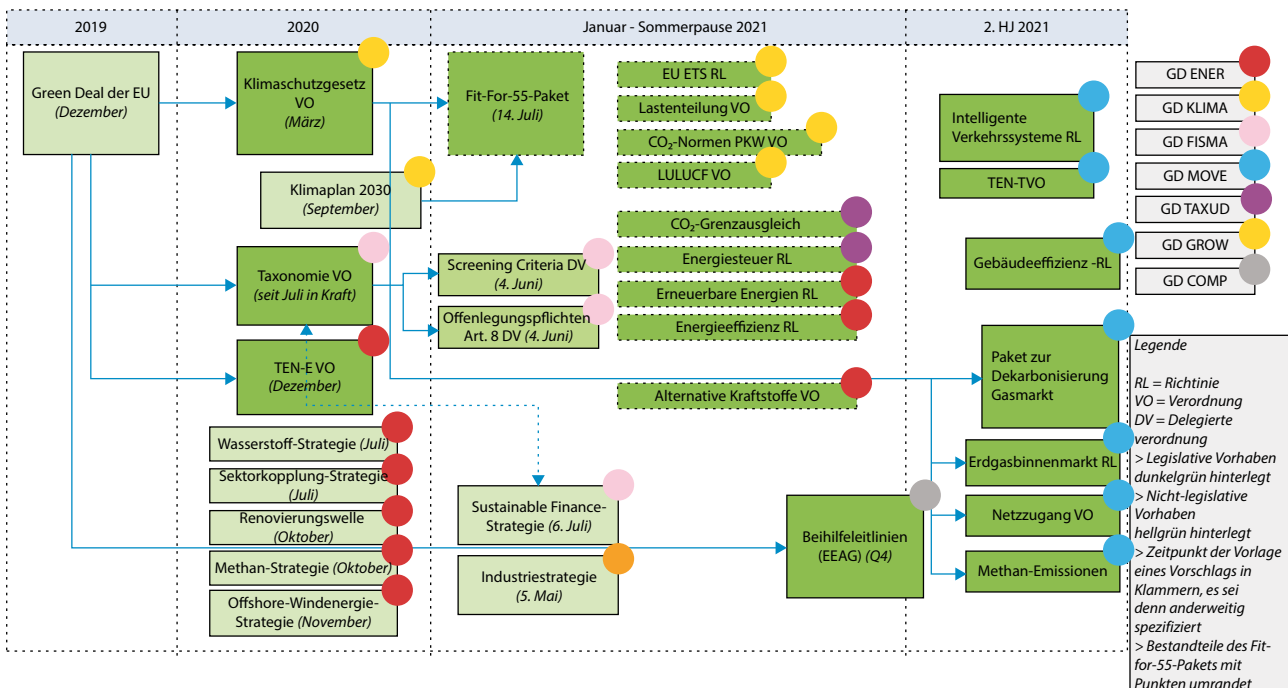
sionen (am Auspuff) zum Standard werden, was praktisch wohl das Aus für Neuzulassungen von Autos mit Verbrennungsmotor bedeuten würde. Die Novelle dieser sogenannten Flottenregulierung würde die Automobilhersteller zwingen, den Marktanteil batterieelektrischer Fahrzeuge noch zügiger zu steigern. Insbesondere in der mittelständischen Zuliefererindustrie würde dadurch der bereits eingeleitete Strukturwandel nochmals beschleunigt. Parallel sollen neue EU-Vorgaben dafür sorgen, dass alle Mitgliedsländer den Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur vorantreiben. Im Gebäudesektor plant die EU, Sanierungspflichten, insbesondere für die öffentliche Hand, auszuweiten und einen anspruchsvolleren Nullemissionsgebäude-Standard EU-weit

vorzuschreiben. Die Energieauditpflicht für Unternehmen soll zukünftig nicht mehr von der Unternehmensgröße abhängen, sondern vom jährlichen Energieverbrauch. Für die Unternehmen mit geringen Energieverbräuchen, die zukünftig nicht mehr unter die Pflicht fallen, könnte es dadurch zu bürokratischen und finanziellen Entlastungen kommen.

Rahmenbedingungen noch nicht bekannt

Der für die Klimaneutralität erforderliche strukturelle Wandel der Wirtschaft birgt zahlreiche Chancen. Dennoch fehlen aktuell noch die entsprechenden Rahmenbedingungen, um auf die

► Abb. 3 / Seit 2019 im Rahmen des Green Deal eingeleitete klima- und energiepolitische Initiativen



► Abb. 4 / CO₂-Kostenschätzungen für emissionshandelspflichtige Anlagen in Deutschland

Beispiele CO ₂ -Kosten unternehmensspezifisch					
Illustrative Beispiele: Zertifikatsbedarf deutscher EU ETS-Anlagen und Schätzung jährlicher Kosten					
Anlage	Jährlicher Zertifikatsbedarf*	Kosten 5 EUR/t	Kosten 30 EUR/t	Kosten 55 EUR/t	Kosten 80 EUR/t
Raffinerie	613.715	3,07 Mio.	18,41 Mio.	33,75 Mio.	49,1 Mio.
Zement	86.166	430.830	2,58 Mio.	4,74 Mio.	6,89 Mio.
Aluminium	51.248	256.240	1,54 Mio.	2,82 Mio.	4,1 Mio.
Ziegel	2.955	14.773	88.368	162.501	236.366
Zellstoff	4.576	22.880	137.271	251.664	366.057
Braunkohlkraftwerk	11.353.000	56,77 Mio.	341,59 Mio.	624,42 Mio.	908,23 Mio.

Beispielrechnung Kosten ETS-Anlagen in Deutschland. Quelle: DIHK. *Grobe Schätzung auf Grundlage der Daten der Jahre 2013-2019. Zertifikatsbedarf errechnet auf Grundlage der realen Emissionsdaten und unter Berücksichtigung der freien Zuteilung. Unberücksichtigt bleiben dadurch Auswirkungen der Anpassung der Zuteilungsregeln, der Aktualisierung der Emissionswerte und einer möglichen Anwendung des sektorübergreifenden Korrekturfaktors in der kommenden Handelsperiode (2021-2030). Tendenziell werden diese Anpassungen den Zertifikatsbedarf erhöhen, da die freie Zuteilung abnimmt.

Quelle: DIHK

Diese Anpassung führt vornehmlich zu steigenden CO₂-Preisen. Die Kommission rechnet mit Preisen von 85 Euro pro t CO₂ im Jahr 2030.

zuvor beschriebenen Preisentwicklungen und strengeren Vorgaben mit Investitionen in eine klimafreundliche Energieversorgung und neue Produktionsverfahren reagieren zu können. Die Wirtschaft wird auf große Mengen an regenerativem Strom und klimafreundlichem Wasserstoff angewiesen sein. Obwohl der Grünstrom-Anteil in den letzten Jahrzehnten sukzessive gestiegen ist, geht der Ausbau zu langsam und zu kostenintensiv voran. Klimafreundlicher Wasserstoff ist nahezu nicht verfügbar. Hier greift die EU mit dem Green Deal ebenfalls steuernd ein. Mit der erneuten Novelle der Erneuerbare-Energien-Richtlinie sollen der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Markt für grünen Wasserstoff vorangebracht werden. Zudem hat die Kommission im Dezember 2021 Gesetzesvorschläge zur Dekarbonisierung des Gasmarkts vorgelegt, die den Hochlauf des Wasserstoffmarkts beschleunigen und den effizienten Handel in der EU über ein Zertifizierungssystem ermöglichen könnten.

Staatliche Unterstützung für die Unternehmen wird von der Politik zumindest in einer Übergangsphase als unabdingbar erachtet, weshalb die Kommission darüber hinaus die Überarbeitung des beihilferechtlichen Rahmens vorangetrieben hat. Über neue Förderinstrumente wie CO₂-Differenzkontrakte, die Mehrkosten klimafreundlicher Technologien gegenüber fossilen Anwendun-

gen ausgleichen, sollen den Mitgliedstaaten Spielräume geschaffen werden – unter anderem im Bereich der Wasserstoffnutzung.

Unstrittig ist politisch schließlich, dass ein wirksamer Schutz vor Carbon Leakage, das heißt der Verlagerung von Wertschöpfung in klimapolitisch weniger ambitionierte Drittländer, vor dem Hintergrund des Green Deals noch dringlicher geboten ist. Hier wird auf den in seiner Wirkung und Stabilität mit großen Unsicherheiten behafteten CO₂-Grenzausgleichsmechanismus gesetzt. Problematisch für die deutsche Wirtschaft ist neben den zu erwartenden handelspolitischen Gegenmaßnahmen, dass das vorgeschlagene Modell die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Exporte in Länder außerhalb der EU unberücksichtigt lässt und lediglich darauf abzielt, innerhalb des europäischen Binnenmarkts für faire Wettbewerbsbedingungen zu sorgen. [↗](#)



JULIAN SCHORPP

ist seit Mai 2017 Leiter des Referats Europäische Energie- und Klimapolitik beim Deutschen Industrie- und Handelskammertag (DIHK). Zuvor arbeitete er als Journalist bei der französischen Fachzeitung „Contexte“ mit dem Schwerpunkt EU-Energie- und Klimapolitik in Brüssel, Straßburg und Paris. Julian Schorpp hat Europapolitik an der London School of Economics and Political Science, dem Institut d'Etudes Politiques d'Aix-en-Provence und der Universität Freiburg im Breisgau studiert.

PRODUKTE

STARK WIE EIN BAUM

1 Oft ist die Natur das beste Vorbild: Die Form der neuen Stehgehäuselager Igubal von Iigus orientiert sich an den Designprinzipien eines Baumes. Abgeflachte Radien sorgen für maximale Festigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen. Durch diese bionische Form sind die Gehäuse mit ihren schmier- und wartungsfreien Hochleistungskunststoffen eine nachhaltige Alternative zu klassischen Gussgehäuselagern. Zudem ist der Igubal-Kunststoff mit Fasern und Füllstoffen verstärkt, sodass er laut Anbieter auch bei Dauerbelastungen hohen Flächenpressungen und Kantenbelastungen standhält. Dank ihrer chemischen Beständigkeit, Korrosionsfreiheit und Schmutzunempfindlichkeit erzielen die Lagereinsätze in zahlreichen Kundenanwendungen eine deutlich höhere Lebensdauer als zuvor eingesetzte metallische Lager. Zudem reduziert der Verzicht auf Schmiermittel den Wartungs- und Reinigungsaufwand



und trägt zum Umweltschutz bei. Es existieren an keiner Stelle im System Schmierstoffe, die in die Umwelt oder an das Produkt gelangen könnten.

► Weitere Informationen: <https://igus.de>

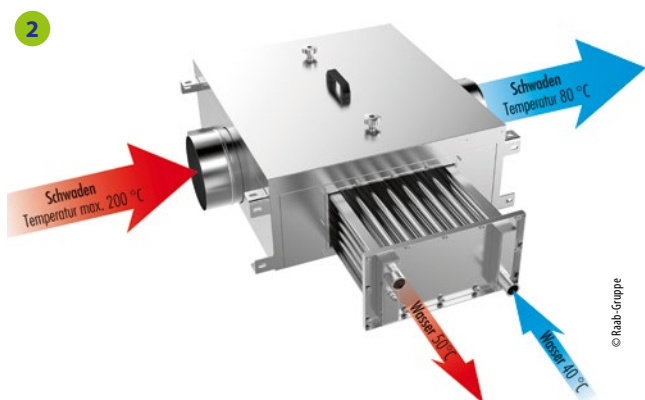
WÄRME AUS ABGASEN

2 Die Rückgewinnung von Wärme aus Abgasen hilft nicht nur CO₂-Emissionen und Energiekosten zu senken, Unternehmen profitieren auch von einer Förderung in Höhe von bis zu

45 % der förderfähigen Kosten durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Besonders bei Unternehmen mit energieintensiven thermischen Produktionsprozessen können Wärmetauscher einen wertvollen Beitrag

leisten. Der Thermojekt-Wärmetauscher von NET, einer Marke der Raab-Gruppe, steht hierfür in verschiedenen Ausführungen zur Verfügung: als Abgaswärmetauscher mit Glattrohr- oder Rippenrohr zur Gewinnung der Wärme aus Abgasen oder

mit Schwadenkondensatoren, um hohe Kondensationswärme aus verschmutzter feuchter Luft wie etwa Backschwaden oder schwebteilbelasteten Dunstabsaugungen zurückzugewinnen. Die Wärmetauscher sind aus Edelstahl V4A gefertigt, die



© Raab-Gruppe

ausziehbaren Register ermöglichen eine einfache und gründliche Reinigung. Aufgrund dieser Eigenschaften eignen sich die Wärmetauscher besonders gut zur Wärmerückgewinnung aus Biomasse-Abgasen.

► *Weitere Informationen:*
<https://www.raab-gruppe.de>

REIFEN AUS PET-FLASCHEN

3 Continental ermöglicht in der Reifenproduktion den Einsatz von wiederaufbereitetem Polyester, das aus recycelten Kunststoffflaschen gewonnen wird. Das neue nachhaltige Polyestergarn wird über einen mechani-

schen Prozess aus Polyethylenterephthalat-Flaschen (PET-Flaschen) gewonnen und soll im Aufbau der Reifenkarkasse zum Einsatz kommen. Laut Continental kann dadurch herkömmliches Polyester vollständig ersetzt werden. Gemeinsam mit seinem Kooperationspartner und Lieferanten OTIZ, einem Faserspezialisten und Textilhersteller, hat der Reifenhersteller eine spezielle Technologie entwickelt, um PET-Flaschen ohne bisher notwendige, chemische Zwischenschritte wiederaufzubereiten und das Polyestergarn für die hohen mechanischen Anforderun-



© Continental



© Nord

gen des Reifens funktionsfähig zu machen. Bisherige Labor- und Reifentests von Continental zeigen nach Angaben des Unternehmens, dass Fasern aus Sekundärrohstoffen ebenso leistungsfähig sind wie die bisher verwendeten. Sie sollen die gleiche Qualität wie PET-Neuware haben, ebenso stabil sein und sich aufgrund ihrer Bruchfestigkeit, Zähigkeit sowie thermischen Stabilität besonders gut für Reifen eignen.

► *Weitere Informationen:*
<https://continental.com>

GETRIEBEMOTOR-TECHNOLOGIE PATENTIERT

4 Je weniger Schnittstellen, desto höher der Systemwirkungsgrad – unter dieser Maxime stellte Nord Drivesystems vor gut einem Jahr einen Getriebemotor im hygienischen Washdown-Design vor, bei dem der besonders energieeffiziente IE5+ Permanentmagnet-Synchronmotor in einem Gehäuse zusammen mit einem einstufigen Stirnradge-

triebe untergebracht ist. Die neuartige kompakte Konstruktion mit vollständiger Integration von Motor und Getriebe in einem einzigen Gehäuse stellt laut Anbieter einen Entwicklungssprung bei Getriebemotoren dar und wurde nun erfolgreich patentiert. Die dauerhafte Haltbarkeit und Zuverlässigkeit wurde während der Entwicklung des Duodrive in monatelangen Tests erfolgreich nachgewiesen. Die Integration wurde entscheidend vorangetrieben, um eine optimale Bauraumnutzung zu erreichen. Laut Angaben erzielt das kompakte Konzept als System eine nochmals deutlich höhere Energieeffizienz als die bereits sehr guten Antriebssysteme mit IE5+ Synchronmotor und Kegelradgetriebe. Duodrive bietet mit bis zu 92 % Systemwirkungsgrad einen der höchsten Wirkungsgrade in dieser Leistungsklasse am Markt und erreichte auch im Teillastbetrieb eine sehr hohe Systemeffizienz.

► *Weitere Informationen:*
<https://nord.com>

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

VORSCHAU

Die nächste Ausgabe NACHHALTIGE INDUSTRIE erscheint im Juni 2022.



© iasfoto/signen stock.adobe.com

IMPRESSUM

NACHHALTIGE INDUSTRIE

Forschung | Technologie | Wirtschaft

Springer Vieweg | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

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

Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, UStIdNr. DE811148419

Geschäftsführer Stefanie Burgmaier, Andreas Funk, Joachim Krieger

Gesamtleitung Produktion Ulrike Drechsler



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

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Martin Faulstich

CORPORATE SOLUTIONS CHEFREDAKTEUR

Markus Bereszewski (V.i.S.d.P.)

tel +49 611 7878-122 · fax +49 611 787878-122

markus.bereszewski@springernature.com

REDAKTION

Annika Dammann

tel +49 611 7878-159 · fax +49 611 787878-159

annika.dammann@springernature.com

Martina Klein

tel +49 611 7878-295 · fax +49 611 787878-295

martina.klein@springernature.com

Christiane Imhof M. A.

tel +49 611 7878-154 · fax +49 611 787878-154

christiane.imhof@springernature.com

Alexandra Pisek M. A.

tel +49 611 7878-139 · fax +49 611 787878-139

alexandra.pisek@springernature.com

REDAKTIONSANSCHRIFT

Abraham-Lincoln-Straße 46 · 65189 Wiesbaden,

Postfach 1546 · 65173 Wiesbaden

CSWiesbaden@springer.com

ANZEIGEN

LEITER MEDIA SALES

Volker Hasedenz

tel +49 611 7878-269 · fax +49 611 787878-269

volker.hasedenz@springernature.com

CORPORATE SOLUTIONS

SALES MANAGERIN

Nina Ziss

tel +49 611 7878-124 · fax +49 611 787878-124

nina.ziss@springernature.com

VERKAUFSLEITUNG AUTOMOTIVE

Rouwen Bastian

tel +49 611 7878-399 · fax +49 611 787878-399

rouwen.bastian@springernature.com

VERKAUFSLEITUNG MATERIALS +

ENVIRONMENT

Ingo Rosenstock

tel +49 611 7878-146 · fax +49 611 787878-146

ingo.rosenstock@springernature.com

MEDIABERATUNG

Espado GmbH

Am Kuemmerling 21-25

55294 Bodenheim

tel +49 6135 703780

info@espado.de

ANZEIGENDISPOSITION

Petra Steffen-Munsberg

tel +49 611 7878-164 · fax +49 611 787878-164

petra.steffen-munsberg@springernature.com

LEITER VERTRIEB + MARKETING

Jens Fischer

jens.fischer@springernature.com

tel +49 611 7878-340 · fax +49 611 787878-340

PRODUKTMANAGEMENT

Melanie Engelhard-Gökalp

tel +49 611 7878-315 · fax +49 611 787878-315

melanie.engelhard-goekalp@springernature.com

SONDERDRUCKE

Anja Trabusch

tel +49 611 7878-298 fax +49 611 787878-298

anja.trabusch@springernature.com

PRODUKTION

Annegret Stollenwerk

tel +49 611 7878-168 · fax +49 611 787878-168

annegret.stollenwerk@springernature.com

Alle angegebenen Personen sind postalisch unter der Adresse des Verlags erreichbar.

DRUCK

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

BEZUGSMÖGLICHKEITEN

Nachhaltige Industrie hat jährlich 4 Ausgaben.

Bestellmöglichkeiten und Details zu den Abonnementbedingungen finden Sie unter www.mein-fachwissen.de/nachhaltige-industrie

Alle Rechte vorbehalten.

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

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

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

EU-DATENSCHUTZGRUND-VERORDNUNG (EU-DSGVO)

Falls Sie die Zeitschriften ATZ, ATZelektronik, ATZproduktion, MTZ oder Innovative Verwaltung nicht im Abonnement beziehen, erhalten Sie diese auf der gesetzlichen Grundlage von Artikel 6 Absatz 1 lit.f DSGVO. Wenn Sie die kostenlose

Ihr direkter Draht zur Nachhaltigen Industrie

REDAKTION

☎ +49 611 7878-159

KUNDENSERVICE

☎ +49 6221 345-4303

ANZEIGEN

☎ +49 611 7878-269

Leseprobe künftig nicht mehr von uns erhalten möchten, genügt eine kurze formale Nachricht per Fax an: 06123/92 38 244 oder eine E-Mail an leseprobe@vuser.de.

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

Gültige Version

Die gedruckte und die elektronische Fassung eines Beitrags können sich unterscheiden. Maßgeblich ist die Online-Version („Version of Record“) unter <https://www.springerprofessional.de/nachhaltige-industrie/18028278>

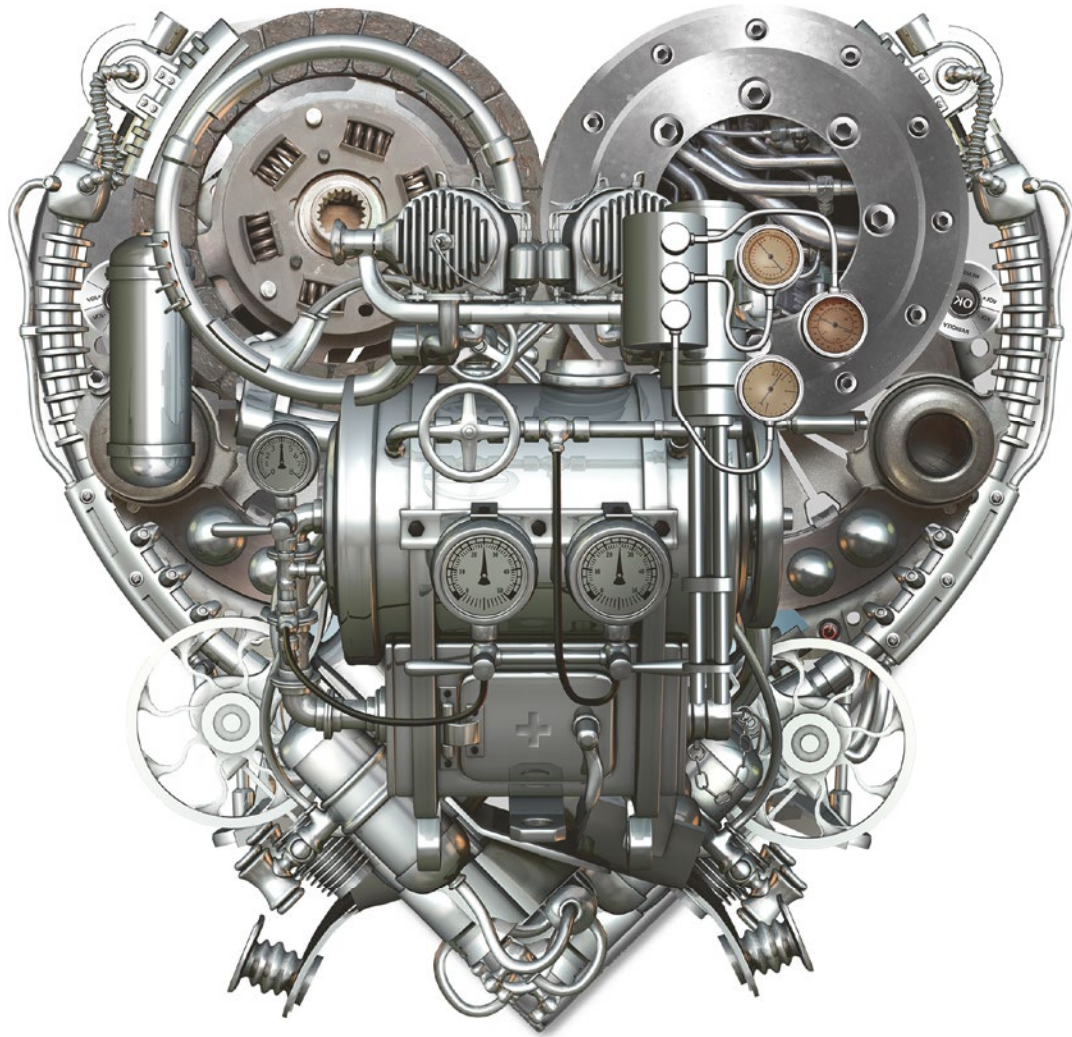
© Springer Vieweg |

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2022


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

Springer Vieweg

Schweizer Präzision. Jetzt auch in Deutschland.



© 2020 creative republic / shutterstock

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

Profitieren Sie von dem umfassenden Wissensvorsprung. Mit 6 Ausgaben im Jahr, inklusive E-Magazin und freiem Zugriff auf das Online-Fachartikel-Archiv.

Ihr persönliches, kostenloses Leseexemplar finden Sie unter:

meinfachwissen.de/maschinenbau



maschinenbau 

 Die Deutschland-Ausgabe des Schweizer Industriemagazins

Jetzt kostenlos testen!

MEHR WISSEN.

Digital,
interaktiv,
mobil.

inkl.
PDF-
ARCHIV!

2x
GRATIS
TESTEN!

ISSN 1430-6001 - www.wasserundabfall.de - 26. Jahrgang - Heft 12 - Januar 2018

WASSER DZU ABFALL

UMWELT - ENERGIE - RECHT UWV • die Umweltingenieur

Agenda 21 - Gewässerbewirtschaftung, Kreislaufwirtschaft, Luftreinhaltung und Klimaschutz Seite 14
Interview: Geschichten vom Gelingen müssen erzählt werden Seite 20
Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Leitprojekt einer zukunftsfähigen Politik Seite 12

Nachhaltigkeit



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

www.wasserundabfall.de

WASSER DZU ABFALL