

POLY PROBLEM

REPORT



DER CIRCULARITY CODE

Wie Digitalisierung bei der Plastik-Wende hilft ...
UND WIE NICHT

WIDER
SENSE

RÖCHLING
STIFTUNG

INHALT

ALLES AUSSER SCIENCE-FICTION	3
WARUM SMARTES PLASTIK KOOPERATIVE MENSCHEN BRAUCHT	4
Digitale Chancen für Design, Produktion, Nutzung und Recycling	
WISSEN, WAS WIRKT Ökologische Gesamtbewertung und digitale Zwillinge	5
WISSEN, WAS DRINSTECKT Der digitale Produktpass erfordert auch einen Kulturwandel	7
„Die Chance liegt im gemeinsamen Lernen“ Christoph Kugler, Kunststoff-Zentrum SKZ	10
WISSEN, WAS ANKOMMT Die Technik ist vorhanden, das Geschäftsmodell nicht	12
Drei Fragen an Jochen Moesslein von Polysecure	14
KLICKS FÜR KLÜGEREN KONSUM	16
Wie digitale Tools beim nachhaltigen Leben helfen	
APPS IM DIENST DES RECYCLINGS Von Spielen, Anreizen und Verantwortung	17
Mit den Konzernen Hand in Hand Initiator Stefan Siegl über die österreichische App RecycleMich	20
FAZIT Wirkung unbekannt, Potenzial unbestritten	23
DER MEHRWERT FÜR MEHRWEG Wende im To-go-Bereich: Digital oder gar nicht?	24
BIG WASTE. BIG DATA.	26
Wie Digital-Pioniere die globale Abfallwirtschaft erneuern wollen	
TRANSPARENZ ZAHLT SICH AUS Digitale Abfalldatenerfassung und -analyse	27
Gastbeitrag von Dominic Santschi Mitgründer von Ampliph	30
INTELLIGENT MACHT SAUBER Technologie für die Optimierung der städtischen Abfallwirtschaft	32
TASTE STATT TONNE Digitale Chancen für das Abfallmanagement in Schwellen- und Entwicklungsländern	35
DIGITAL SCHAFFT TRANSPARENZ UND VERTRAUEN Monitoring per App	40
App-Entwicklung beim Kaffee mit den Abfallsammlern Thierry Sanders, Geschäftsführer von Circular Action B.v.	42
ZU LAND, WASSER UND IN DER LUFT Wie sich Datenlücken mit digitalen Tools schließen lassen	45
AUS DER VOGELPERSPEKTIVE Fernerkundung von Plastik-Emissionen	48
VON FLUCH UND SEGEN	52
Ein Zwischenfazit	
POLYPROBLEM: WISSEN. TRANSPARENZ. KOOPERATION	54
Die Initiatoren im Portrait	55
Links zu genannten Organisationen	56
Quellenverzeichnis	57

ALLES AUSSER SCIENCE-FICTION

Schaffen wir das noch? Wenn Zweifel am Tempo der sozial-ökologischen Wende aufkommen, richtet sich der bange Blick gern hoffnungsvoll auf technologische Innovationen. Das ist beim Kampf gegen den Plastikmüll nicht anders als beim Streben nach einem verringerten Ausstoß von Treibhausgasen.

Die seriösen Experten sind sich einig, dass wir beides brauchen: eine nachhaltige Transformation und somit auch veränderte Lebensweisen auf der einen und technologische Lösungen auf der anderen Seite. Idealerweise gehen soziale, ökonomische und technologische Innovationen Hand in Hand.

Science-Fiction sollte man sich allerdings verbieten, wenn der Traum von noch zu erfindenden Wunderwaffen gegen ökologische und soziale Krisen nicht das tägliche Handeln in der Gegenwart lähmen soll. Die POLYPROBLEM-Redaktion hat sich deshalb ganz pragmatisch angeschaut, was die Digitalisierung heute schon dazu beitragen kann, den Umgang mit Kunststoff nachhaltiger zu gestalten.

Es klingt nach einer Binsenweisheit: Je komplexer ein System, je aufwendiger die Prozesse, desto größer erscheinen die Chancen der Digitalisierung bei dessen nachhaltiger Gestaltung und Nutzung. Die Kunststoff-Wertschöpfungskette ist äußerst komplex. Und die darin verwendeten Materialien sind es auch. Beschleunigt also der digitale Wandel die notwendige Ressour-

cenwende? Und wenn ja: Wie kann das konkret funktionieren?

Die Aufgaben und Möglichkeiten für den Einsatz digitaler Technologien und Methoden entlang der Kunststoff-Wertschöpfungskette sind vielfältig. Digitale Zwillinge unterstützen Produktentwickler beim nachhaltigen Design von Kunststoffprodukten. Riesige Datenbanken helfen, die ökologische Gesamtbilanz von Verpackungen zu bewerten. Neuartige Datenservices können aus Produktionsdaten unterschiedlicher Unternehmen einen digitalen Produktpass erstellen. Künstliche Intelligenz optimiert nicht nur den Materialverbrauch in der Produktion, sondern wird schon bald auch Recyclingverfahren verbessern. Apps helfen Verbraucherinnen und Verbrauchern bei bewussten Kaufentscheidungen. Und auch die Abfallsammlung und -sortierung durch „Waste Workers“ in Entwicklungsländern kann schon heute effizienter gestaltet werden.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit haben wir den digitalen Chancen für einen nachhaltigen Umgang mit Kunststoff in Expertengesprächen nachgespürt und versucht, sie zu einem Gesamtüberblick zu verbinden. Vorweg: Die alles rettende Wunder-Maschine haben wir nicht gefunden. Dafür ist eine Erkenntnis immer wieder aufgetaucht: Nicht fehlende oder unausgereifte Technologie ist eine Hürde. Auf die Bereitschaft, sie kooperativ zu nutzen, kommt es an. Und das ist wiederum ein ziemlich analoges Problem.

Herausgeber

Röchling Stiftung GmbH
Richard-Wagner-Straße 9
68165 Mannheim
+49 621 4402 232
info@roechling-stiftung.de
www.roechling-stiftung.de

Wider Sense GmbH
Pfalzburger Str. 43-44
10717 Berlin
+49 30 24088 240
info@widersense.org
www.widersense.org

Redaktion & Text

Anne Marie Jacob,
Elena Hadick,
Lisa Nerb (Wider Sense),
Uwe Amrhein (Röchling Stiftung)

Gestaltung

ds.DTP – Detlef Scholz

Fotos

Adobe Stock, SKZ –
Das Kunststoffzentrum,
Polysecure, Raan Gruppe,
Mehrwegallianz – Anita
Back, Ampliphi, Circular
Action B.V.

Dezember 2023

www.polyproblem.org

WARUM SMARTES PLASTIK KOOPERATIVE MENSCHEN BRAUCHT

Digitale Chancen für Design, Produktion,
Nutzung und Recycling

WISSEN, WAS WIRKT

Ökologische Gesamtbewertung und digitale Zwillinge

Funktion und Leistungsfähigkeit, Nachhaltigkeit, Preis: In diesem Dreiklang gewinnt die Nachhaltigkeit immer größere Bedeutung, wenn Kunststoff-Verarbeiter Produkte für die anwendende Industrie entwickeln. Das erfordert einen neuen, ganzheitlichen Blick auf Produkte, der ohne digitale Unterstützung kaum noch möglich ist.

Sowohl die steigenden regulatorischen Anforderungen als auch die gewachsene Sensibilität der Verbraucher hat dazu geführt, dass industrielle Kunden von ihren Lieferanten heute eine ökologische Gesamtbewertung – ein sogenanntes Life-Cycle Assessment (LCA) – der gelieferten Komponenten verlangen.

Dabei spielen so viele und so unterschiedliche Parameter eine Rolle, dass die Produktentwicklung ohne datengestützte Modellierungen kaum noch denkbar erscheint. Wie viel Treibhausgas setzt der Produktionsprozess frei? Wie wirkt sich das Gewicht unterschiedlicher Materialien auf die Nachhaltigkeit des Produkts aus? Und: Was geschieht nach der Gebrauchsphase? Ist das Bauteil recycel- oder gar wiederverwertbar? Nur einige von vielen Fragen, vor denen Produktentwickler stehen.

„Eine hohe Nachhaltigkeit eines Kunststoffprodukts ist nicht automatisch gleichzusetzen mit dessen Recyclingfähigkeit. Nachhaltigkeit entsteht durch die Summe vieler Parameter, und eine hohe Kreislauffähigkeit oder geringerer Ressourcenverbrauch durch Recycling ist nur ein Teilaspekt dabei“, verdeutlicht Hans-Josef Endres das Problem. Endres ist Professor an der Leibniz Universität Hannover und leitet dort das Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik. Er nennt Beispiele: „Mehrschichtige Kunststofffolien, sogenannte Multi-Layer, gelten allgemein als umweltschädlich, weil sie kaum zu recyceln sind. Dagegen ist ein Monomaterial zwar besser recycelbar, muss dafür viel dicker sein, um ähnliche Barriereigenschaften zu erreichen. Ich brauche also mehr Material und erzeuge damit auch ein höheres Gewicht. Was die nachhaltigere Alternative ist,

muss für die jeweilige Anwendung im Einzelfall bewertet werden“, verdeutlicht der Wissenschaftler.

Polyamid verursache in der Herstellung einen etwa dreifach höheren CO₂-Ausstoß als Polypropylen. Dafür erlaubt es aber, die Wandstärke des daraus hergestellten Produkts um ein Mehrfaches zu reduzieren. Welche Eigenschaft fällt für die Umweltverträglichkeit am Ende stärker ins Gewicht?

Kurz: Auf die ökologische Gesamtbewertung kommt es an.

Noch sei es nicht selbstverständlich, dass solche Fragen schon bei der Produktentwicklung gestellt werden. „Bis vor Kurzem war es der Normalfall, dass Kunststoffprodukte unter funktionalen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet wurden und eine andere Abteilung dann erst nachher die Nachhaltigkeitsbewertung des produzierten Bauteils gemacht hat“, weiß Endres. Das ändert sich gerade.

Dabei ist die Idee, bei der ökologischen Gesamtbewertung auf umfassende Datensätze zurückzugreifen, keineswegs neu. Ökobilanzdatenbanken als Grundlage für ein Life-Cycle-Assessment (LCA) gibt es seit den frühen 1980er-Jahren. Die heute umfangreichste und am meisten verwendete Datenbank dieser Art ist GaBi, eine Plattform des US-amerikanischen Unternehmens Sphera. Andere sind Ecoinvent aus der Schweiz oder die ursprünglich in Aachen entwickelte Datenbank cm.chemicals.

Das Angebot an Software, die mit diesen Daten arbeitet, ist riesig. Die Phalanx der Anbieter reicht von den großen Softwarekonzernen bis hin zu kleinen Start-ups und Open-Source-Projekten wie openLCA.

Ihr gemeinsames Versprechen ist der „Digitale Zwilling“. Der Name verrät schon das Ziel: Mithilfe der Software lassen sich virtuelle Simulationen eines künftigen Produkts unter Berücksichtigung unterschiedlicher Parameter wie eingesetzte Materialien und verschiedene Produktionsverfahren erstellen. Im Idealfall spielen die Produktentwickler verschiedene Materialien und Produktionsszenarien durch und gelangen so zu einem Produkt, das in der ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung am besten abschneidet.

Der digitale Zwilling führt die Produktentwickler, vor allem in der verarbeitenden Industrie, also zum optimalen Kompromiss zwischen Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit eines Produkts.

Die dafür notwendigen Daten sind vorhanden, die digitale Technologie auch. Mit einigen Klicks ist es allerdings nicht getan. „Software kann man kaufen. Aber die Prozesse einschließlich der Input- und Outputströme sowie die entstehenden Nebenprodukte und Abfälle müssen korrekt modelliert und die Resultate auch entsprechend bewertet werden“, weiß Hans-Josef Endres, der in jüngster Zeit an seinem Institut einen dahinge-

hend stark gestiegenen Beratungsbedarf der Unternehmen registriert.

Diese Lücke sieht auch Dr. Hermann Achenbach, Bereichsleiter Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft am Kunststoff-Forschungszentrum SKZ. Er erkennt noch Nachholbedarf bei der „Digital Readyness“ in vielen Unternehmen. „Gute Analyse-Tools sind eine Sache, aber man muss interpretierbare Daten auch aus den Maschinen beim Verarbeiter herausbekommen.“

Die produzierenden Unternehmen stehen folglich vor der Herausforderung, in den digitalen Wandel für eine nachhaltigere Produktion in Personal und Technik zu investieren, ohne damit absehbar Geld verdienen zu können. Das ist vor allem für die Zulieferer ein Problem. „Unsere Kunden erwarten kreislauffähige Produkte, sind aber selten bereit, dafür höhere Preise zu zahlen. Und ein möglicher Imagegewinn zahlt auch nicht bei uns als Zulieferer ein“, fasst der Entwicklungschef eines großen Kunststoff-Verarbeiters zusammen.

Hermann Achenbach, selbst ständig in Kontakt mit Branchenvertretern, bestätigt dieses Dilemma: „Ich glaube, dass wir entlang der Kunststoff-Wertschöpfungskette noch lange keinen von der Nachfrage getriebenen Markt für digitale Innovationen haben werden. Das muss auf absehbare Zeit durch regulatorische Vorgaben vorangetrieben werden.“



WISSEN, WAS DRINSTECKT

Der digitale Produktpass erfordert auch einen Kulturwandel

Um zu wissen, wie ein Kunststoffprodukt beschaffen und nach dem Gebrauch am besten zu verwerten ist, müssen zahlreiche Informationen gebündelt werden. Das klingt einfacher, als es ist.

Bis ein in Kunststoff verpacktes Produkt im Verkaufsgregal steht, durchläuft die Verpackung viele Produktionsschritte. Der Kunststoff-Hersteller stellt das Rohmaterial zur Verfügung. Der Compoundeur reichert es mit Additiven an, um ihm die gewünschten Eigenschaften zu geben. Der Verarbeiter „baut“ das Produkt – beispielsweise eine Kosmetikverpackung. Der Abfüller bedruckt es schließlich zumeist mit Farben oder versieht es mit einem Etikett.

„Jeder dieser Prozessschritte beeinflusst die Kreislauffähigkeit. Die dafür relevanten Daten entstehen an unterschiedlichen Stellen der Wertschöpfungskette, laufen aber bisher kaum automatisiert zusammen“, schildert Dagmar Glatz die Hausforderung. Sie ist bei dm Drogeriemärkte für Nachhaltigkeit zuständig und täglich mit dem Problem konfrontiert.

Die Packaging & Packaging Waste Regulation (PPWR) der EU sieht vor, dass Verpackungen ab spätestens 2030 zu mindestens 55 Prozent aus Rezyklat gefertigt und vollständig recyclingfähig oder wiederverwendbar sein müssen. Nachzuweisen hat das der Inverkehrbringer. „Das können wir natürlich nur gewährleisten, wenn wir genau wissen, was in jedem Produktionsschritt passiert“, macht Dagmar Glatz deutlich. Und genau da hakt es noch erheblich. „Nicht selten werden Datenblätter noch als PDF hin- und hergeschickt“, berichtet die dm-Nachhaltigkeitsmanagerin.

Kein Wunder also, dass der Digitale Produktpass aktuell ein regelrechtes Zauberwort in der Branche ist. Darun-

ter versteht man eine digitale Anwendung, die Produktionsdaten bezüglich des verwendeten Materials, seiner Beschaffenheit und der Verarbeitung für ein bestimmtes Produkt bei allen an der Produktion beteiligten Unternehmen automatisiert direkt an den Maschinen abholt und nach einem gemeinsamen Standard aufbereitet.

An technischen Lösungen dafür mangelt es offensichtlich nicht. An der Umsetzung umso mehr – denn sie erfordert eine neue Kooperationsbereitschaft über die Grenzen von Branchen und Unternehmen hinweg.

Heino Claussen-Markefka kann ein Lied davon singen. Er ist Geschäftsführer der ProData GmbH, die mit R-Cycle eine Lösung zur Erstellung digitaler Produktpässe anbietet. R-Cycle ist ein digitaler Rückverfolgungsstandard für Kunststoffprodukte. Der Datenservice kann die für das Recycling relevanten Daten eines Produkts direkt von der Maschine erhalten – und zwar bei allen Unternehmen, die mit der Produktion des jeweiligen Artikels befasst sind. Diese Daten werden zusammengeführt und bilden so die Grundlage für den digitalen Produktpass.

So weit die Theorie. Bei der praktischen Umsetzung krankt es indes nicht an technischen, sondern an rechtlichen Fragen. „Unternehmen zögern damit, ihre Produktionsdaten zu übermitteln – schon allein, weil damit die Frage verbunden ist, wer diese Daten speichern und auswerten darf und wie dabei Betriebsgeheimnisse gewahrt werden können“, sagt Claussen-Markefka.

Es ist also nicht nur neue Technologie erforderlich, sondern vor allem ein neues Kooperationsverständnis in den Unternehmen. Denn hinter dem Digitalen Produktpass steht die Idee, Produktinformationen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zu teilen.

Dagmar Glatz hätte digitale Produktpässe lieber heute als morgen für ihr gesamtes Sortiment. Allerdings ist es für sie nur eine Frage der Zeit, bis die Sache richtig in Fahrt kommt. Optimistisch stimmen sie schon allein die strengeren Regulierungen. „Die Auskunftspflichten bezüglich der Recyclingfähigkeit und des kreislauffähigen Produktdesigns sind schon jetzt umfangreich und werden weiter zunehmen. Das führt in jedem Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu einem enormen Aufwand, der sich nur durch standardisierte und automatisierte digitale Lösungen reduzieren lässt“, glaubt die dm-Nachhaltigkeitsverantwortliche.

Entscheidend sei es, eine gemeinsame Sprache zu finden, ein Protokoll, in dem die Daten standardisiert ausgewertet werden können und das am Ende dazu führt, dass die Verwertungsmöglichkeit nach der Gebrauchsphase einheitlich und leicht zu bewerten ist.

Heino Claussen-Markefka nennt das Beispiel einer Duschgel-Flasche. Die besteht aus einer Kappe, der Flasche selbst und dem Etikett. An der Produktion und dem Handling dieser drei Komponenten sind bis hin zum Befüllen acht unterschiedliche Akteure beteiligt – alle mit verschiedenen technischen Interessen und Sprachen.

Bei R-Cycle hat man deshalb von vornherein eine offene Lösung angestrebt, dessen Basis bereits existierende Standards des weltweit führenden Standardisierers GS1 bilden, wie zum Beispiel die Global Trade Item Number (GTIN). Ein Konsortium aus Produktionsunternehmen und Anwendern soll ein möglichst breites Testen der Entwicklungen gewährleisten.

Während man bei R-Cycle also auf einen offenen Standard setzt und damit neben einer digitalen Lösung vor allem ein neues Kooperationsmodell etablieren möchte,

setzen andere Anbieter auf die Integration zusätzlicher Aufgaben und deren Lösungen.

Das in Freiburg beheimatete junge Unternehmen recyda beispielsweise nimmt mit seiner Lösung besonders die Bewertung der Recyclingfähigkeit unter Berücksichtigung verschiedener Standards in den Blick.

Auch recyda ermöglicht es, alle relevanten Daten bezüglich der Beschaffenheit einer Verpackung, ihrer Rezyklierbarkeit und ihres Rezyklatanteils auf einer Plattform zusammenzuführen und auszuwerten. Zusätzlich erlaubt es die Software aber, die Kompatibilität der eingesetzten Verpackung mit den Gesetzen und Verordnungen der unterschiedlichen Länder bezüglich der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR) zu bewerten – bis hin zur Kalkulation länderspezifischer Steuern und Abgaben.

Vorausschauend eingesetzt, kann digitale Technologie also dabei helfen, eine Verpackung zu gestalten, die zugleich auf ihren ökologischen und wirtschaftlichen Impact hin optimiert ist.

Ähnlich positioniert sich das niederländische Unternehmen circularise. Es erhebt den Anspruch, mit dem digitalen Produktpass gleich auch Reporting und Massebilanzierung anzubieten.

Einen integrierten Ansatz verfolgt auch der Software-Gigant SAP mit seiner Plattform „Responsible Design and Production“. Hier steht nicht der digitale Produktpass, sondern die Erfüllung der gesetzlichen Verpackungsanforderungen im Vordergrund, insbesondere das automatisierte Reporting der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR) und der Plastikverpackungssteuern. „Unsere Lösung führt alle relevanten Daten des gesamten Verpackungsportfolios eines Unternehmens zusammen, verknüpft Verpackungs- mit Logistikdaten und kann dann aus diesem einheitlichen Datenmodell verschiedene Reportings erzeugen, die für unterschiedliche Länder und deren regulatorischen Bedingungen spezifiziert sind“, erklärt Katharina Schweitzer, Consultant for Circular Economy Solutions bei SAP.



Der Walldorfer Konzern will seine Kunden also im ersten Schritt besonders beim Erfüllen der immer strengeren und komplexeren Transparenz- und Reportingpflichten unterstützen. Im zweiten Schritt möchte er die gewonnenen Erkenntnisse über das Verpackungsportfolio dazu nutzen, Optimierungen im Designprozess anzustoßen. Zielgruppe sind vor allem international tätige Unternehmen. Dabei setzt SAP auch darauf, dass viele große Unternehmen schon mit SAP arbeiten und die Daten, beispielsweise aus dem Einkauf, bereits vorhanden sind.

Ähnlich wie die dm-Nachhaltigkeitsmanagerin Dagmar Glatz erwartet auch SAP-Spezialistin Katharina Schweitzer einen massiven Schub digitaler Lösungen

für mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette. „Wir sind noch nicht so weit, dass der Markt solche Lösungen vorantreibt, weil sich mit mehr Nachhaltigkeit Geld verdienen ließe. Aber die regulatorische Ebene macht Druck – und deshalb verlangen die Unternehmen nach Werkzeugen“, beschreibt sie den Trend.

Es ist also augenscheinlich keine Frage, ob, sondern wann sich der digitale Produktpass durchsetzt und zu einer Selbstverständlichkeit wird. Dabei zeigt sich die gleiche Herausforderung wie bei der Digitalisierung in anderen Handlungsfeldern – ganz gleich ob in der Bildung, in der öffentlichen Verwaltung oder im Gesundheitswesen: Nicht die Technologie stellt die große Hürde dar. Es ist eine Frage der Haltung.

INTERVIEW



Christoph Kugler über Kunststoff
und künstliche Intelligenz

Christoph Kugler ist Gruppenleiter Digitalisierung am Kunststoff-Zentrum SKZ in Würzburg. Der Werkstoffwissenschaftler arbeitet unter anderem an der Nutzung von Modellen auf der Basis maschinellen Lernens zur Anwendung in der Kunststoff-Verarbeitung.

Herr Kugler, wie kann künstliche Intelligenz in der Produktion zu mehr Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit von Kunststoff beitragen?

Da gibt es einige Ansätze. Nehmen wir als erstes Beispiel die Verwendung von Rezyklaten in der industriellen Massenproduktion: Die Materialqualität schwankt bei Rezyklaten teilweise stärker als bei Neuware. Das führt bisweilen zu Unregelmäßigkeiten im Produktionsprozess, was vielen Unternehmen den Rezyklateinsatz erschwert. Deshalb arbeitet man daran, den Prozess in der Maschine digital so zu überwachen, dass der Produktionsablauf eines Bauteils automatisch nachgesteuert wird, wenn bestimmte Parameter bezüglich der Qualität nicht erreicht werden. Dabei kann künstliche Intelligenz helfen.

Würde das im Idealfall helfen, den Rezyklatanteil in anspruchsvollen Kunststoffprodukten zu erhöhen?

Darin liegt das Potenzial. Wenn die KI dabei hilft, einen Produktionsprozess permanent zu optimieren, lässt sich dadurch auch der Einsatz von wiederverwerteten Materialien steigern.

Klingt gut. Worin liegt das Problem?

Künstliche Intelligenz muss lernen. Sie muss über einen langen Zeitraum mit Daten aus der Produktion trainiert

werden. Aber kein Unternehmen experimentiert gerne auf seinen Produktionsanlagen – zumindest nicht über einen längeren Zeitraum. Die Maschinen sollen ja Geld verdienen.

Eine Idee zur Lösung dieses Problems besteht darin, Daten aus vielen Produktionsanlagen unterschiedlicher Kunststoff-Verarbeiter zum Training einer KI zu nutzen. Damit Produzent A keinen Einblick in die Daten des Produzenten B erhält, werden dazu spezielle Verfahren wie das föderierte Lernen eingesetzt. Hierdurch kann ein KI-Modell auf mehreren Anlagen trainiert werden, ohne dass Unternehmen ihre Daten transparent teilen müssen. Die Hamburger Firma Katulu hat sich auf diese Form des maschinellen Lernens spezialisiert. Mit ihr arbeiten wir derzeit an einigen Modellprojekten.

Jetzt haben wir über die Produktion gesprochen. Bietet KI auch Chancen im Design und in der Entwicklung nachhaltigerer Kunststoffprodukte?

Definitiv. Ich habe erst kürzlich das Unternehmen Digi-mind in Berlin kennengelernt, das KI einsetzt, um beim Verpackungsdesign das Gewicht zu reduzieren und damit Material einzusparen. Sie nehmen die CAD-Daten des Produkts und lassen diese von der künstlichen Intelligenz optimieren.



„Die Chance liegt im gemeinsamen Lernen“

[Aber auch das muss der Maschine doch erst einmal antrainiert werden ...](#)

Ganz genau. Das geht umso besser, je mehr Daten von Verpackungsprodukten bereitgestellt werden, um das Gesamtsystem lernen zu lassen. Und da sind wir wieder beim gemeinsamen Lernen. Das ist es, woran es in der Praxis oft scheitert. Es stehen nicht genug Daten zur Verfügung. Wir würden in der Kreislaufwirtschaft sehr davon profitieren – sowohl beim digitalen Produktpass als auch bei KI-Methoden, wenn dabei stärker zusammengearbeitet würde. Eine übergeordnete, also unternehmensübergreifende, digitale Infrastruktur ist etwas, das wir immer wieder propagieren.

[Ist der digitale Fortschritt in der Kreislaufwirtschaft also eher eine kulturelle als eine technologische Herausforderung?](#)

Absolut. Natürlich ist es auch herausfordernd, einen 40 Jahre alten Maschinenpark so auszurüsten, dass ich dort Daten herausbekomme. Aber das ist alles machbar. Die Bereitschaft, Daten zu teilen und Lösungen gemeinsam zu entwickeln, ist hingegen die Grundlage.

[Welche weiteren Potenziale sehen Sie in der Anwendung künstlicher Intelligenz für die Nachhaltigkeit von Kunststoffprodukten?](#)

KI wird wahrscheinlich in absehbarer Zeit die Materialsubstitution, also den Ersatz fossiler Rohstoffe beispielsweise durch biobasiertes Material oder eines Rezyklats, erleichtern. Es gibt Bestrebungen, Ähnlichkeiten in unterschiedlichen Materialien mithilfe künstli-

cher Intelligenz besser darstellen zu können. Vereinfacht gesagt: Ich kann bald viel einfacher als bisher simulieren, ob ein alternatives Material für eine gewünschte Anwendung genauso gut funktioniert wie die fossile Ware.

[Wird künstliche Intelligenz auch beim Recycling selbst eine Rolle spielen?](#)

Ja, das ist absehbar. Es gibt interessante Ansätze, um mittels KI die in spektroskopischen Verfahren gewonnenen Daten besser als bisher auszuwerten. Moderne Sortieranlagen können mit ihrer Infrarot-Sensorik schon ziemlich gut einzelne Kunststoffarten erkennen und voneinander trennen. Die Auswertung der Daten mithilfe von KI wird die Trefferquote in Zukunft aber noch deutlich erhöhen. Das bietet die Chance auf sauberere Stoffströme und damit letztlich auf mehr verwertbares Material in höherer Qualität.

[Wie steht es um die praktische Umsetzung aller genannten Technologien und der damit verbundenen Chancen?](#)

Im akademischen Maßstab und auch im praktischen Versuch ist bei allen genannten Ansätzen erwiesen, dass die Technologie funktioniert. Jetzt hängt es an der Datenverfügbarkeit und damit letztlich am Mindset der Beteiligten.

Haben Abfallbehandler und Recycler eine digitale Zukunft?

WISSEN, WAS ANKOMMT

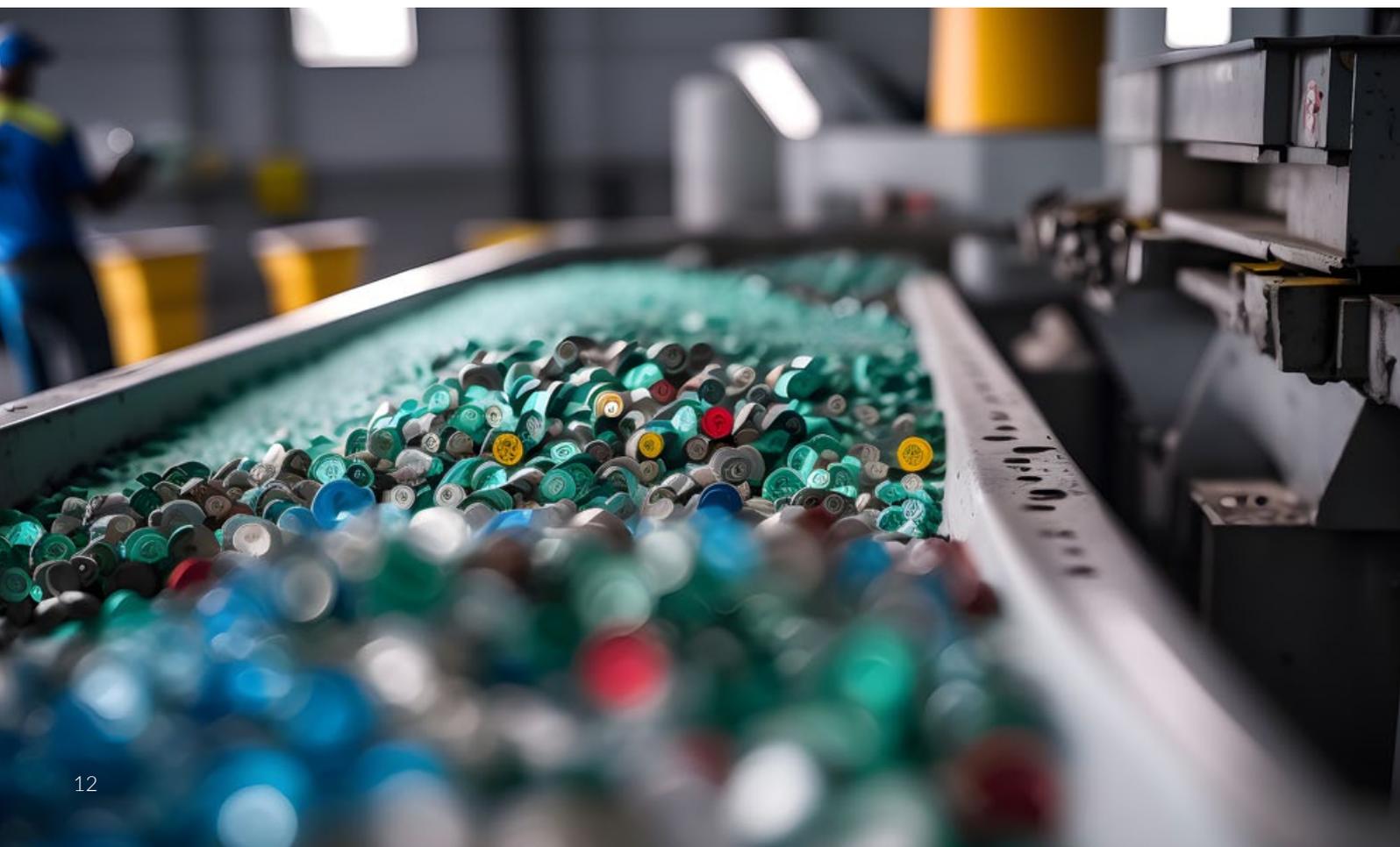
Die Technik ist vorhanden, das Geschäftsmodell nicht

Der Mythos vom Recyclingweltmeister Deutschland ist mit Vorsicht zu genießen. Noch immer landet mehr als die Hälfte des von den Verbrauchern getrennt gesammelten und an den Sortieranlagen angelieferten Plastikabfalls in der Verbrennung. Und zugleich giert die Industrie nach hochwertigen Rezyklaten. Digitale Lösungen sollen aus diesem Dilemma heraushelfen.

„Hochwertige Rezyklate setzen saubere Stoffströme voraus. Und die erreichen wir nur mit einer verbesserten Sortierung von Haushaltsabfällen“, sagt Carsten Bertram. Er leitet den Bereich Packaging Sustainability bei Henkel. Der Konsumgüterkonzern engagiert sich neben vielen anderen großen Unternehmen in der Initiative HolyGrail 2.0. Hinter dem nicht gerade bescheiden gewählten Begriff verbirgt sich der Versuch, digitale Wasserzeichen in Verpackungen einzubringen. Diese enthalten zahlreiche Informationen – von der

Materialzusammensetzung bis hin zu Anweisungen für die Sortierung und die Möglichkeiten für ein Recycling.

Wenn sich die Technologie in großem Maßstab durchsetzt – so die Vision –, soll das digitale Wasserzeichen an den Sortieranlagen ausgelesen werden und so über eine verbesserte Trennung für einen viel reineren Materialinput beim Recycling sorgen.



Das Konsortium hinter HolyGrail liest sich wie ein Who's who der internationalen Konsumgüterbranche: Danone, Mondelez, Procter & Gamble, Unilever, Nestlé, Pepsico ... Kaum ein großer Name fehlt. Dazu Handelsriesen wie Aldi oder Amazon, große Verpackungsunternehmen und die chemische Industrie. Getrieben wird das Ganze von der European Brands Association (AIM) und der Alliance to End Plastic Waste.

Für Henkel-Manager Bertram ist diese breit angelegte Partnerschaft wichtig. „Der Erfolg von HolyGrail 2.0 hängt von einer breiten Akzeptanz in der Industrie ab. Skalierungsmöglichkeiten bestehen darin, mehr Verpackungshersteller, Marken und Recycler für die Teilnahme an der Initiative zu gewinnen“, unterstreicht er.

Die praktische Umsetzbarkeit und Wirksamkeit digitaler Wasserzeichen bei der Sortierung, Identifizierung und dem Recycling von Kunststoffverpackungen habe sich in Praxistests bereits erwiesen. Was hingegen noch unklar ist: Wird die Recyclingindustrie ihre Anlagen entsprechend umrüsten? Und wer stemmt die dafür notwendigen Investitionen?

Dr. Markus Helftwes, Chef beim Grünen Punkt, sieht in diesen Fragen eine weitaus größere Herausforderung als in der serienreifen Entwicklung der Technologie. Unumwunden räumt er ein, dass die Digitalisierung im Bereich der Abfallwirtschaft und des Recyclings hinter der in anderen Industrien herhinkt. „Aber die Frage ist, wer bereit ist, die Mehrkosten solcher Entwicklungen zu tragen“, sagt Helftwes und fordert neben einer besseren staatlichen Förderung vor allem langfristige Abnahmegarantien der Industrie.

„Zirkularität gibt es nicht zum Nulltarif“, stellt Helftwes fest. Anders ausgedrückt: Selbst, wenn die digitale Technologie im Recycling funktioniert, gibt es dafür noch lange kein funktionierendes Geschäftsmodell – zumindest nicht, solange Rezyklate teurer sind als Neeware.

Christian Schillers Geschäftsmodell heißt Transparenz. Der Gründer der rein digitalen Rezyklat-Handelsplattform cirplus gilt als Digitalpionier im Bereich der Kunststoff-Wirtschaft und setzt sich längst nicht nur für den Erfolg seines eigenen Start-ups ein. Er hält digitalen Fortschritt auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft für entscheidend. „Um Recyclingströme zu optimieren, brauchen wir Klarheit darüber, wo sich welcher Kunststoff in welcher Zusammensetzung, Qualität und Menge befindet – und das möglichst aktuell. Das kann kein menschliches Gehirn leisten. Gerade deshalb sind die Digitalisierung und der Einsatz von künstlicher Intelligenz notwendige Voraussetzungen, um die Kreisläufe ernsthaft zu schließen“, sagt der Hamburger Start-up-Unternehmer.

Eine wesentliche Bedingung seien verbindliche Normen und Standards. „Um die Abfall- und Rezyklatströme in die digitale Welt zu übersetzen, muss eine gemeinsame Sprache gefunden werden, damit eindeutige und verständliche Datensätze generiert werden können und die Komplexität beherrschbar wird. Nur so kann die Wertschöpfungskette weltweit verlässliche Lieferketten aufbauen und eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft ermöglichen. Deshalb haben wir die DIN SPEC 91446 initiiert und finanziert, den weltweit ersten Standard für hochwertiges Kunststoffrecycling und Digitalisierung“, berichtet Schiller.

Die Optimierung von Stoffströmen beginnt also bei der Erfassung und Trennung von Abfall und endet bei der Beschaffung von hochwertigem, recyceltem Material. In diesem gesamten Spektrum verspricht der Einsatz digitaler Innovationen erhebliche Chancen. Zugleich stellt sich hier – wie auch in der Produktentwicklung und der Produktion – in wirtschaftlicher Hinsicht das klassische Henne-Ei-Problem. Sprich: Für die notwendige Skalierung fehlen vielfach noch die marktwirtschaftlichen Anreize.

Drei Fragen an: Jochen Moesslein von Polysecure



„EHER MARKETING ALS ECHTE WIRKUNG“

Jochen Moesslein ist Gründer und Mastermind der Firma Polysecure in Freiburg. Das Unternehmen entwickelt Technologien, mit denen sich Kunststoffe und andere Materialien unsichtbar markieren lassen. Am bekanntesten sind die fluoreszierenden Marker. Kombiniert mit der passenden und ebenfalls von Polysecure

entwickelten Sortiertechnik lassen sich Material- und Abfallströme optimieren. Für Unternehmen dienen die Marker aber auch dazu, die eigenen Produkte zu kennzeichnen und somit nachverfolgbar zu gestalten.

In seiner Branche gilt Jochen Moesslein als engagierter Streiter. Das High-Tech-Unternehmen setzt Digitalisierung als ein Teil der Lösung ein. Nach eigenem Bekunden löst Digitalisierung aber lange nicht alle Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft.

Herr Moesslein, welches sind aktuell die größten Herausforderungen in der Digitalisierung des Recyclingsektors?

Digitalisierung ist ein überschätztes Wort. Die technischen Herausforderungen im Recycling haben wenig mit Digitalisierung zu tun. Wichtig für die Kreislaufwirtschaft sind Erkennungsprozesse, Sortierung und Aufbereitung – und in keinem davon spielt Digitalisierung eine Rolle. Es geht darum, dass ich Materialien in zehn Millisekunden sicher differenzieren kann: zum Beispiel Lebensmittelkontaktmaterialien von Nicht-Lebensmittelkontaktmaterialien.

Mehr als die Hälfte der Masse sind klein gehackte Materialbrocken, da kann man das Material mittels Objekterkennung und künstlicher Intelligenz gar nicht erkennen. Man braucht ein physikalisches Verfahren,

mit dem man die Zusammensetzung direkt und schnell messen kann.

Bösartig könnte man sagen: Der digitale Hype hat in unserem Bereich eher einen Einfluss aufs Marketing als auf die tatsächliche Wirkung. Manchmal habe ich sogar den Eindruck, dass die unrealistischen Hoffnungen, die mit Digitalisierung verknüpft werden, Investitionen in anderen wichtigen Technologiebereichen verzögern.

Seit 2009 entwickeln Sie Marker-Materialien und Detektions-Technologien. Mit welcher Motivation haben Sie Polysecure gegründet?

Die Initialzündung war es schon, Materialien intelligenter zu machen. Kunststoffe, Keramik, Papier ... das ist einfach ein riesiger Strom, den wir ja auch als Verbrau-

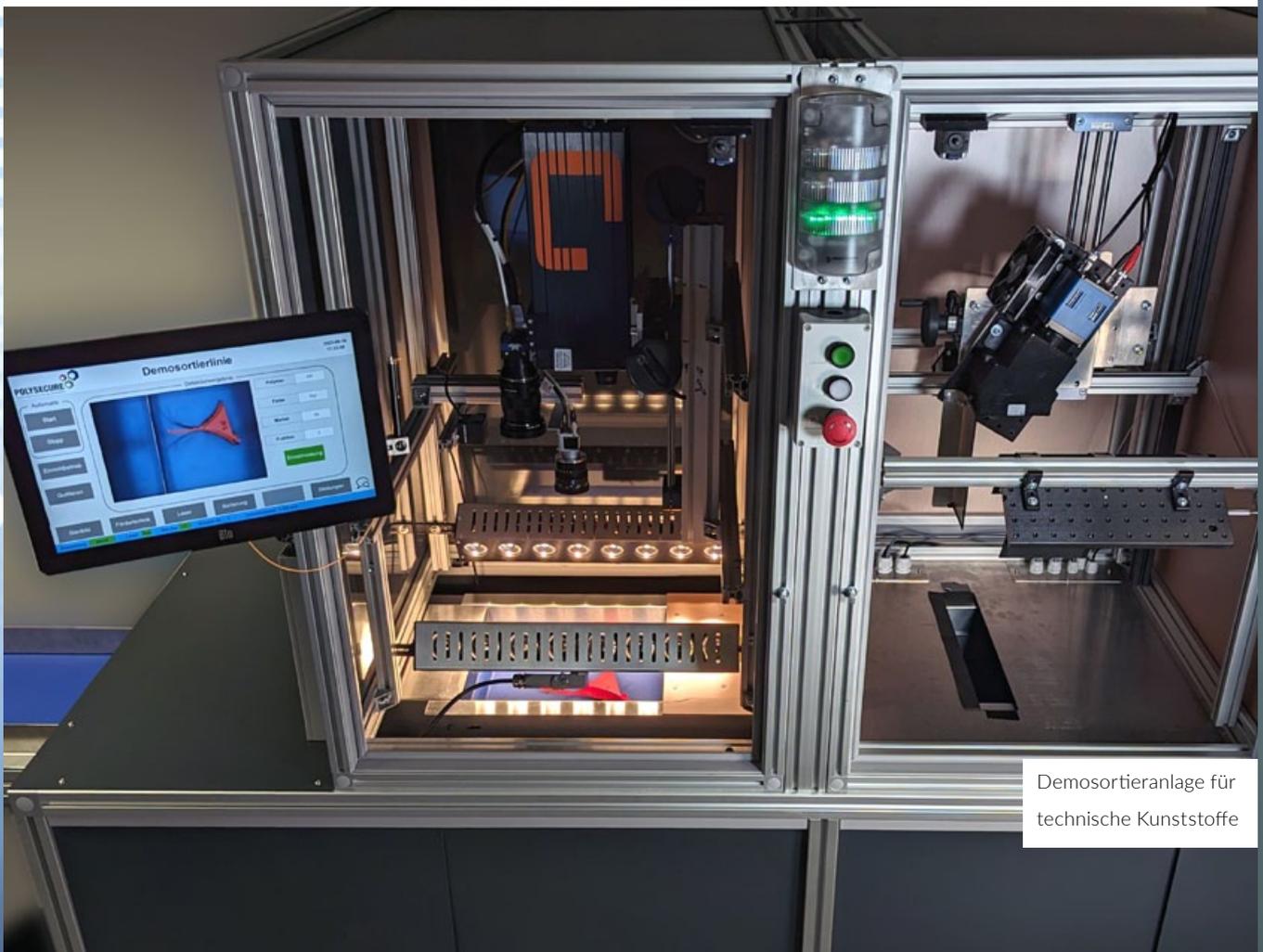
cher in Form der gelben Tonne kennen. Mich hat einfach die Frage bewegt, wie man aus dem Chaos wieder vernünftiges Material machen kann.

Wie wird sich der Markt in Zukunft entwickeln?

Viele Unternehmen sehen mittlerweile den Wert von Sekundärrohstoffen. Momentan fließt viel Geld in die Produktpass-Datenbanken. Mindestens genauso wichtig wäre, mehr Geld in die eigentliche Erkennungstechnologie zu stecken. Da ist nämlich der Engpass. Was nützt eine Datenbank, wenn ich einen Eintrag nicht sicher mit der dazugehörigen Datenbank verknüpfen

kann. Ich sehe gute Chancen für unsere TrackByStars®-Technologie. Sie kann der wichtige „Unique Identifier“ sein. Das ist das Fachwort für diese Technologie, die jedes Objekt individuell kennzeichnet.

400 Millionen Tonnen Kunststoff werden jedes Jahr verarbeitet. Etwa die Hälfte wird sortiert, die andere landet im Abfall. Wenn wir bereit sind, 100 bis 200 Euro pro Tonne für die Sortierung zu zahlen, sind wir bei einem Volumen von 20 Milliarden und mehr. Der Markt ist also vorhanden.



KLICKS FÜR KLÜGEREN KONSUM

Wie digitale Tools beim
nachhaltigen Leben helfen



APPS IM DIENST DES RECYCLINGS

RecycleMich, ReplacePlastic, My Little Plastic Footprint, EcoNation, ReDo ... das Angebot an Apps zur Sensibilisierung von Verbraucherinnen und Verbrauchern ist vielfältig. Manche verfolgen das Ziel, das Bewusstsein für den eigenen Plastik-Fußabdruck zu stärken und Konsumierende für ein besseres Recycling zu gewinnen. Andere wollen ihnen eine starke Stimme auf dem Weg zu mehr Herstellerverantwortung geben.

Spiele und Belohnungen

Mit leicht zugänglichen Informationen und mit Belohnungs- oder Anreizsystemen wollen Anbieter von Verbraucher-Apps Konsumentinnen und Konsumenten dabei unterstützen, über ihr Kauf- und Entsorgungsverhalten einen aktiven Beitrag zu einer verbesserten Kreislaufwirtschaft zu leisten. Die Initiatoren eint dabei die Überzeugung, dass der erhobene Zeigefinger hier nicht zum Erfolg führt. Jedenfalls setzen einige von ihnen auf das Konzept der Gamification, also der Übertragung von spieltypischen Elementen und Vorgängen in spielfremde Zusammenhänge mit dem Ziel der Verhaltensänderung und Motivationssteigerung.¹

verpackungen scannen, Punkte sammeln, indem sie recycelbare Materialien richtig entsorgen und die gesammelten Punkte gegen Prämien eintauschen oder spenden.

Mit der App zur richtigen Tonne

Dass auch die vermeintlichen Mülltrennungs- und Recycling-Weltmeister im globalen Norden noch reichlich Lernbedarf haben, ist bekannt. Davon zeugt unter anderem der Anteil der Fehlwürfe in der Getrenntsammlung von aktuell rund 30 Prozent.² Um die gelbe Tonne richtig zu benutzen, muss man nicht zwingend wissen, ob es sich bei einer Verpackung um einen biobasierten Kunststoff, um PET oder um einen komplexen Verbundstoff handelt. Aber ein gewisses Grundlagenwissen ist schon hilfreich, wenn über ein bewussteres Verbraucherverhalten reinere Stoffströme und damit ein besseres Recycling erreicht werden sollen.

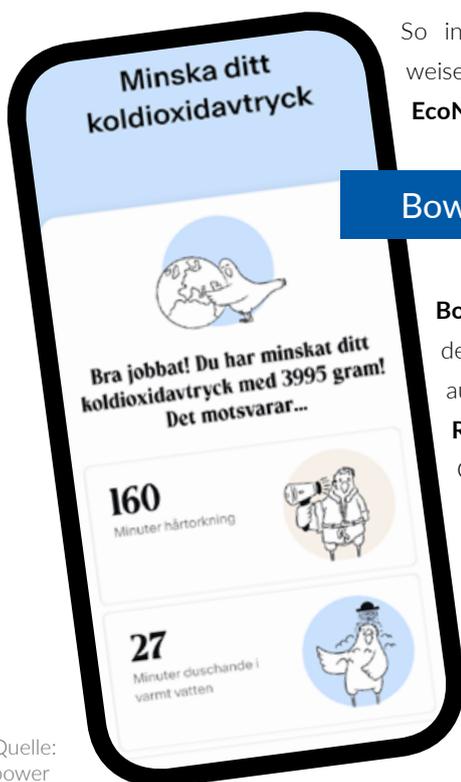
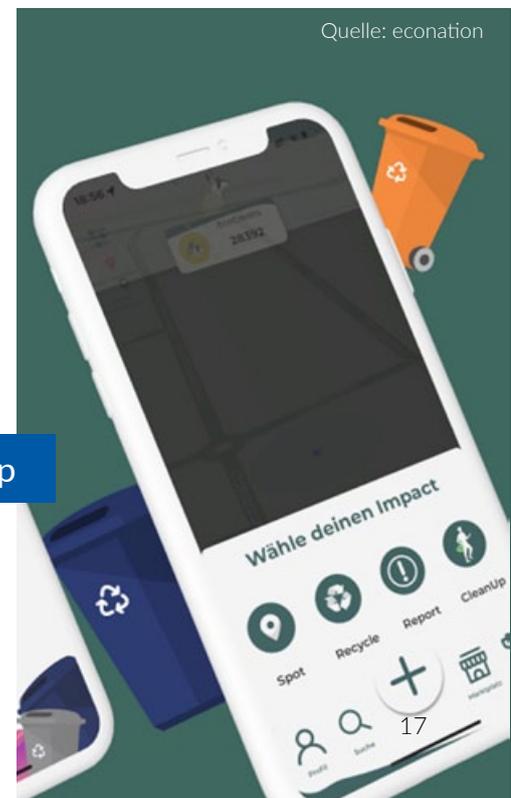
So informieren beispielsweise die schweizerische **EcoNation**-App, die

Bower-App

Bower-App aus Schweden, die **Reciclos**-App aus Spanien oder die **RecycleMich**-App aus Österreich nicht nur über korrekte Mülltrennung, sondern bieten auch Belohnungen. Nutzer können Produkt-

Die Ergebnisse einer Omnibus-Befragung (2020) kamen zu dem Ergebnis, dass bei rund zwei Dritteln der Deutschen das Detailwissen zur korrekten Müll- und Materialtrennung fehlt.³ Besonders bei

EcoNation-App



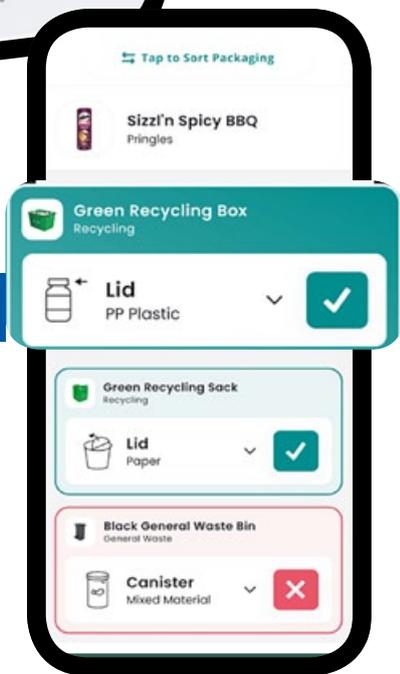
Quelle: bower

1 Wirtschaftslexikon (o. J.)
2 Kunststoff Magazin (2022)
3 Mülltrennung-wirkt (2020)



Reciclos-App

Quelle: Reciclos



Scrap-App

Quelle: scraprecycling

Jugendlichen besteht eine geringere Sensibilisierung im Vergleich zu früheren Generationen, und es zeichnen sich größere Wissenslücken ab.⁴ Da liegt es auf der Hand, mit digitalen Informationsangeboten per Smartphone gegenzusteuern.

Mit der App **Scrap**, die in den USA und Großbritannien verfügbar ist, können sich Nutzerinnen und Nutzer darüber informieren, in welche lokal spezifische Tonne der jeweilige Verpackungsmüll entsorgt werden

muss. Die niederländische App **My Little Plastic Footprint** unterstützt Konsumenten dabei, ihren **Plastic Mass Index**, das heißt ihren persönlichen Plastik-Fußabdruck, zu ermitteln und schlägt ihnen auf spielerische Art Maßnahmen vor, um ihre Verbrauchsmenge an Plastik aktiv zu senken.

Die Stimme am Regal

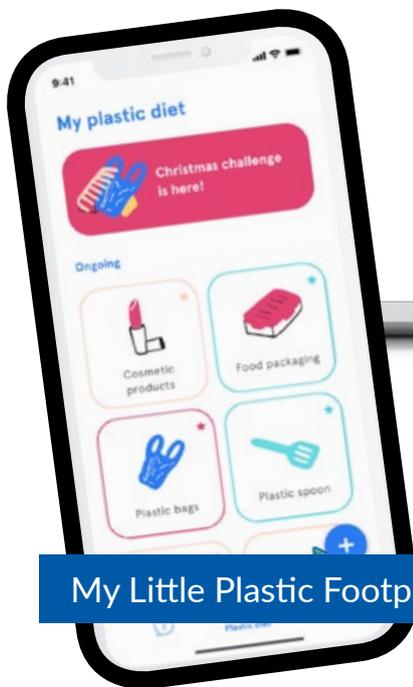
Wer sich am Supermarktregal über unnötige Plastikverpackungen ärgert, soll nicht machtlos bleiben. Das ist das Ziel von **ReplacePlastic**, einer App, die seit 2018 Verbrauchern hilft, ihren Wunsch nach plastikfreien Verpackungen direkt bei den Unternehmen vorzutragen. „Der Gründungsgedanke unseres Vereins Küste gegen Plastik e.V. war, etwas gegen die großen Mengen an Plastikmüll zu unternehmen, die bei uns an der Nordseeküste angespült werden“, erinnert sich Jennifer Timrott von der ReplacePlastic-Initiative. „Bei unseren Aktionen haben wir schnell festgestellt, dass das Sammeln des Plastikmülls nicht ausreicht und wir an die Produzentenverantwortung heranmüssen.“ Das Resultat ist die ReplacePlastic-App.

Ihre Nutzer scannen das in Kunststoff verpackte Produkt und senden ihr Feedback samt Vorschlägen für alternative, vorrangig Mehrweggeeignete Verpackungsmöglichkeiten an die Betreiber der App. Diese sammeln über einen Zeitraum von einem Monat das Nutzer-Feedback und melden es dann als kollektives Anliegen an die Unternehmen, die den Artikel in Verkehr bringen. Voraussetzung für die Weitergabe des konstruktiven Feedbacks ist, dass mindestens 20 Nutzer dieselbe Produktverpackung



RecycleMich-App

Quelle: Raan Gruppe



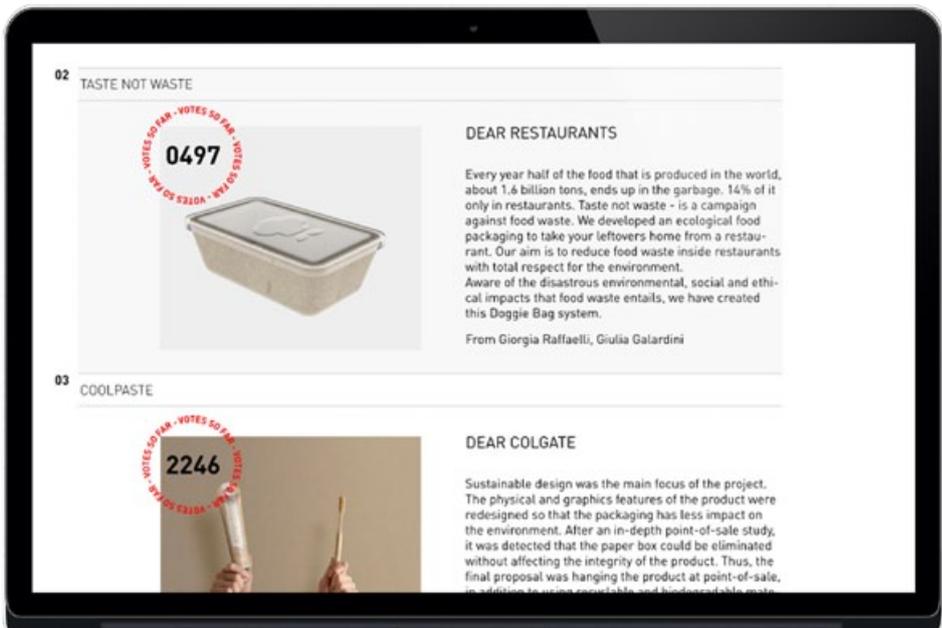
My Little Plastic Footprint-App

Quelle: mylittleplasticfootprint

gescannt haben oder seit dem letzten eingesandten Veränderungswunsch ein Zeitraum von einem Monat vergangen ist.

„Wir möchten den Menschen ermöglichen, ihre Stimme einzubringen, denn langfristig soll der Wandel von der individuellen zur Herstellerverantwortung gelingen“, erklärt Jennifer Timrott. Dies geschehe neben der App auch über Bildungsangebote und Informationskampagnen. „Uns ist es wichtig, Schülerinnen und Schüler mit Wissen um die vielfältigen Dimensionen der Plastikkrise zu sensibilisieren und sie für Mehrweg und plastikfreie Verpackungsoptionen zu begeistern.“

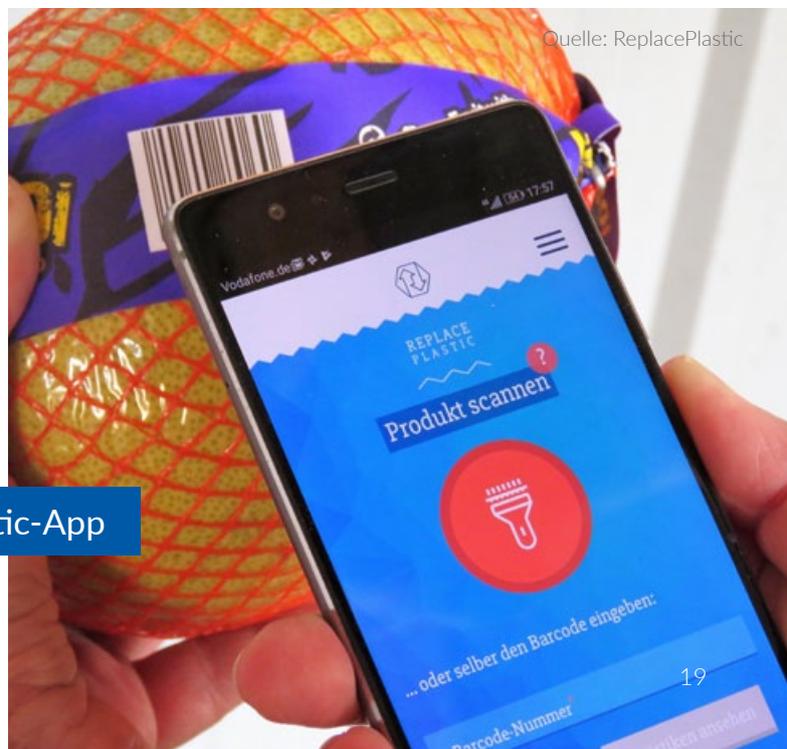
Ein weiteres Angebot, das einen partizipativen Ansatz verfolgt, ist **ReDo** und bietet Usern demnächst eine partizipative Plattform auf dem Weg zu Plastik-Alternativen.



ReDo-Plattform

Quelle: ReDo

nativen. Auf der Online-Plattform können Nutzer nachhaltige Umgestaltungsideen zu existierenden Verpackungen in Form von Steckbriefen einreichen, über die andere User der ReDo-Community interaktiv abstimmen und Vorschläge zur Weiterentwicklung der Idee eingeben können. Am Ende des Prozesses können die Plattformbetreiber zukünftig mit den Alternativvorschlägen für Verpackungsdesigns mit Unternehmen und Herstellern in Kontakt treten.



Quelle: ReplacePlastic

ReplacePlastic-App

INTERVIEW

Initiator Stefan Siegl über die österreichische App RecycleMich



Um höhere Sammel- und Recyclingquoten im Kunststoff-Bereich zu erzielen, hat sich die RecycleMich-Initiative mit Markenherstellern von Kunststoffverpackungen zusammengesetzt und sich erfolgreich in Österreich etabliert.

Was ist die Mission von RecycleMich, und auf Grundlage welcher Problemanalyse sind die Initiative und die App ins Leben gerufen worden?

Unsere Mission ist es, Wertstoffe im Materialkreislauf zu halten. Wir tragen mit der RecycleMich-App dazu bei, indem wir ein Anreizsystem für Verbraucherinnen und Verbraucher auf den Markt gebracht haben, das Digitalisierung mit Bewusstseinsbildung und Aufklärungsarbeit verbindet. Der Ursprungsgedanke liegt darin, dass die gewünschten Sammel- und Recyclingquoten in Österreich nicht erreicht werden. Zum Beispiel beträgt im Kunststoff-Bereich die Sammelquote nur 70 Prozent, speziell in urbanen Gebieten, wie in Wien, nur 30 Prozent. Konsumenten dazu zu bewegen, ihren anfallenden Müll korrekt zu sammeln und zu sortieren, war uns hierzu ein wichtiges Anliegen.

Welche Akteure waren bei der Entwicklung der App involviert, und wie finanziert sich die App?

Schon bevor RecycleMich Anfang 2021 in Österreich auf den Markt kam, haben wir eng mit führenden Markenherstellern aus dem Getränkebereich zusammengearbeitet. Auch Konsumentenumfragen wurden im agilen Entwicklungsprozess mit einbezogen. Der Pilotversuch der ersten digitalen Recycling-Initiative fand schließlich in Wien statt, weil dort die größte Herausforderung in der korrekten Müllsortierung besteht. Im Verlauf hat sich die Initiative zu einer offenen Plattform für alle Akteure der Kreislaufwirtschaft entwickelt, die User, Markenhersteller, Recycler, Städte und Gemeinden miteinschließt. Im Fokus stehen alle Produkte, deren Verpackungen im gelben Sack entsorgt werden.

Monatliche Beiträge der Markenhersteller sowie Beiträge von Reclay Systems, einem führenden Rücknahmesystem für Verpackungen, finanzieren aktuell die Anreize und Preise, den Betrieb der App und das Marketing. Im Gegenzug besteht die Möglichkeit, dass die Kooperationspartner die Tätigkeiten im Rahmen der Initiative in ihren Nachhaltigkeitsbericht oder jegliche Nachhaltigkeitsagenden aufnehmen und von unterschiedlichen Leistungspaketen profitieren. Für die Zusammenarbeit mit den Herstellern begrüßen wir, wenn diese eine Nachhaltigkeitsstrategie haben. Im Laufe der Zeit haben wir die Möglichkeiten einer Kooperation erweitert, zusätzlich zum Partner kann man auch Unterstützer werden und zum Beispiel als Gewinnspiel-Partner Prämien sponsern. RecycleMich hat deshalb sowohl einige Supporter, die Produkte sponsern, als auch einige, die Mitgliedsgebühren zahlen. Damit schaffen wir ein niedrighwelliges Angebot einer Zusammenarbeit, die unsere Mission unterstützt.

Wie werden potenzielle Nutzer und Nutzerinnen auf die App aufmerksam, und welche Zielgruppe spricht die App mehrheitlich an?

Zunächst haben wir die Marketingmaßnahmen breit aufgestellt, in ganz Wien über klassische Medien wie Zeitung und Radio. Doch erst die spezifische Werbung auf Online-Kanälen, im App Store und auf Social-Media-Kanälen hat zum Erfolg geführt. Die anfängliche Zielgruppe lag bei den 18- bis 24-Jährigen, hat sich allerdings schnell zur jetzigen Hauptzielgruppe der 24- bis 34-Jährigen entwickelt. 35- bis 44-Jährige stellen



Mit den Konzernen Hand in Hand

die zweitgrößte Zielgruppe dar, darunter vor allem junge Familien. Das Schlusslicht bilden die unter 25-Jährigen und über 44-Jährigen.

Wir unterscheiden in zwei Gruppen: erstens die Idealisten, die aus Überzeugung für den Umwelt- und Ressourcenschutz ihre Recycling-Leistung visualisieren möchten, und zweitens die Gewinn-Orientierten, die sich von den preislichen Anreizen der App leiten lassen. Um ein möglichst breites Zielgruppenspektrum zu erreichen, bieten wir zudem öffentliche Bildungsangebote im Bereich des Recyclings an. Insbesondere Gamification ist dabei ein Schlüsselement, zum Beispiel in Form von Sondergewinnspielen.

[Welche Daten werden von den Nutzern und Nutzerinnen der App erhoben, und inwieweit werden diese weiterverarbeitet?](#)

Beim Betrieb der App sammeln wir basierend auf der Datenschutzerklärung nur das Minimum an Daten der User, das dem Zweck dient, die Wertstoffe korrekt zu recyceln und Punkte zu sammeln: E-Mail-Adresse und Passwort. Daten wie Adresse und Alter sind anschließend notwendig für die Auslösung. Darüber hinaus lässt sich auf der Grundlage der gescannten Produktcodes erkennen, welche Produkt-Marken aus welcher Kategorie, wie oft, wo und wann gekauft, gescannt und entsorgt werden. Aus den gesammelten Daten können wir Tendenzen erkennen, zum Beispiel, dass viel am Wochenende gesammelt wird.

Besonders der Entsorgungsort ist ein wichtiger Faktor, da dieser Einfluss auf Informationen über sinnvoll aufgestellte Recycling-Tonnen in der App anzeigen kann, die sich in ihrer Farbe von Bundesland zu Bundesland in Österreich unterscheiden. Wir arbeiten sehr eng mit

den Kommunen zusammen.

[Wie viel Kunststoff wird pro Jahr durch die App dem Wertstoffkreislauf zugeführt?](#)

In Bezug auf die Gesamt-Reichweite der App haben wir schnell Erfolge erzielt: Das ursprüngliche Ziel, bis Ende des Jahres 2021 100.000 Scans zu erreichen, war schon nach zwei Monaten geglückt. Beim zweijährigen Jubiläum haben wir über eine Million gescannte oder korrekt entsorgte Verpackungen über die App gefeiert. Die Gewichtung nach Punktezahl in Form von Bonuspunkten beim Recycling kann Akzente für das Recycling bestimmter Produktgruppen setzen. Beispielsweise werden mehr Bonuspunkte für das Scannen von Partner-Verpackungen vergeben und weniger für Nicht-Partner-Verpackungen. In Umfragen zeigt sich, dass die Nutzer der App vorwiegend beim Kauf zu Produkten greifen, für die es mehr Punkte gibt.

[Mit Blick auf das bevorstehende Pfandsystem in Österreich ab 2025, wie flexibel wird die App perspektivisch auf Veränderungen reagieren können?](#)

Von allen Verpackungen, die in Verkehr gebracht werden, sind nur 25 Prozent vom Pfandsystem abgedeckt. Unsere App wird also keinesfalls überflüssig. Unsere App könnte außerdem unterstützend zur Erhöhung der Pfandquoten wirken. Auch können wir das Feedback der Nutzer über unsere unterschiedlichen Kommunikationskanäle aufnehmen, und die Nutzer können neue Produkte melden, die noch nicht in der Datenbank vorhanden sind. Dazu kommt, dass wir aufgrund der einfachen Programmierbarkeit schnell Anpassungen der App-Merkmale vornehmen können. Perspektivisch werden wir in der App zudem noch ein Augenmerk auf eine erweiterte Bereitstellung von Information legen, evtl. speziell zur Recyclingfähigkeit von Produkten.

Überblick Apps

RecycleMich		
Ziel: Sicherstellung reiner Stoffströme durch sachgemäße Verpackungsentsorgung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur Mülltrennung beim Scannen von Produkt-Barcodes — Sammeln von Punkten bei korrekter Verpackungsentsorgung — Qualifizierung für Gewinnspiele	Land: Österreich Jahr: 2021 Anzahl User: >1 Mio Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: Plastik, Plastikverbundstoffe, Metalle	Kooperationspartner/Förderer: Coca-Cola, Fanta, granini, Monster Energy, Fa, innocent, Persil, Somat, Sprite, Weißer Riese, Red Bull, Pril, Pago, Hohes C, Fuzetea, Powerade	
EcoNation		
Ziel: Sicherstellung reiner Stoffströme durch sachgemäße Verpackungsentsorgung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur Mülltrennung — Sammeln von Punkten bei korrekter Verpackungsentsorgung — Qualifizierung für Rabatte und Gewinne	Land: Schweiz Jahr: 2021 Anzahl User: >10.000 Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: Plastik, Plastikverbundstoffe, Metalle	Kooperationspartner/Förderer: Inui, Editoria33	
Bower		
Ziel: Sicherstellung reiner Stoffströme durch sachgemäße Verpackungsentsorgung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur sachgemäßen Mülltrennung beim Scannen von Produkt-Barcodes — Sammeln von Punkten bei korrekter Verpackungsentsorgung — Qualifizierung für Gewinnspiele, Rabatte oder Spenden der Punkte	Land: Schweden Jahr: 2018 Anzahl User: 550.000 Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: 55 Mio recycelte Verpackungen	Kooperationspartner/Förderer: Ellen MacArthur Foundation, Coop, Nivea, Nespresso, Wello, Zespri, logitech	
Reciclos		
Ziel: Sicherstellung reiner Stoffströme durch sachgemäße Verpackungsentsorgung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur sachgemäßen Mülltrennung — Sammeln von Punkten bei korrekter Verpackungsentsorgung — Qualifizierung für Gewinne oder Spenden der Punkte an soziale Projekte	Land: Spanien Jahr: 2022 Anzahl User: 100.000 Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: Getränkeverpackung aus Plastik und Aluminium	Kooperationspartner/Förderer: Ecoembes, TheCircularlab	
Recycle		
Ziel: Erprobung des schottischen Pfandrücknahmesystems für Einweggetränkeverpackungen	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur sachgemäßen Mülltrennung — Sammeln von Punkten bei korrekter Verpackungsentsorgung — Qualifizierung für das Gewinnspiel	Land: Schottland Jahr: 2022 Anzahl User: k.A. Zielgruppe: Einzelpersonen (18-34 Jahre)
Art und Menge des Materials: Getränkeverpackungen	Kooperationspartner/Förderer: Scottish Grocer's Federation, Mastercard	

ReplacePlastic		
Ziel: Übermittlung des Verbraucher-Wunsches nach plastikfreiem und Mehrweg geeignetem Produktverpackungsdesign & Erhöhung der Herstellerverantwortung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur sachgemäßen Mülltrennung — beim Scannen von Produkt-Barcodes — Übermittlung des Wunsches nach plastikfreien und Mehrweg-Verpackungsalternativen — Gesammelte Übermittlung des Wunsches an Hersteller	Land: Deutschland Jahr: 2018 Anzahl User: 50.000 Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: 2 Mio gescannte Verpackungen	Kooperationspartner/Förderer: Deutsche Postcode Lotterie, REWE, Aldi, dm, Lidl, Edeka	
Scrapp		
Ziel: Sicherstellung reiner Stoffströme durch sachgemäße Verpackungentsorgung	Funktion: — Bereitstellung von Informationen zur sachgemäßen Entsorgung von Verpackungen beim Scannen von Produktcodes	Land: UK, USA Jahr: 2021 Anzahl User: 400 Mio Zielgruppe: Einzelpersonen
Art und Menge des Materials: 34 Mio gescannte Verpackungen	Kooperationspartner/Förderer: Microsoft, Packaging Europe, British Airways, University of New Hampshire, The Economist	

FAZIT

WIRKUNG UNBEKANNT, POTENZIAL UNBESTRITTEN

Es sind im Wesentlichen zwei verschiedene Ansätze, die an Verbraucher gerichtete digitale Angebote verfolgen: Die einen informieren und sensibilisieren. Die anderen wollen Partizipation ermöglichen und die Macht der Nachfrage nutzen und stärken. Der Unterschied ist grundlegend. Wer Konsumenten zum richtigen Umgang mit Verpackungen animiert, zahlt auf das Recycling ein. Wer gemeinsam mit Verbraucherinnen und Verbrauchern auf die Angebotsseite einwirkt, ist auf der obersten Stufe der Abfallhierarchie unterwegs: der Vermeidung.

In beiden Dimensionen ist derzeit keine lösungsübergreifende Evaluation bekannt, die über die tatsächliche Wirkung Aufschluss gibt. Was bedeuten eine Million gescannte Plastikverpackungen für die tatsächlich recycelten Wertstoffe, und kann damit ein langfristiges Umdenken bei den Verbrauchern und Verbraucherinnen gemessen werden?

Kritisch zu hinterfragen sind außerdem Sachpreise, die zum unerwünschten Nebeneffekt des Mehrkonsums führen können. Unstrittig erscheint, dass mündige Verbraucherinnen und Verbraucher den wesentlichen Teil einer künftigen zirkulären Gesellschaft ausmachen. Und Mündigkeit ist ohne digitale Infrastruktur in keinem Lebensbereich mehr vorstellbar.

DER MEHRWERT FÜR MEHRWEG

An der SB-Salatbar im Supermarkt, im Coffeeshop am Bahnhof, im Schnellrestaurant, an der Imbissbude oder beim Pizza-Service: Einwegverpackungen für Speisen und Getränke zum Mitnehmen sind Normalität. Fast 800 Tonnen Müll aus Einwegverpackungen produziert der Take-away-Sektor in Deutschland. Täglich. Und daran hat die zum Jahresbeginn 2023 gesetzlich verordnete Mehrweg-Angebotspflicht nichts geändert. Junge Anbieter von Mehrwegsystemen wollen die Wende von der Einweg- zur Mehrweg-Kultur schaffen. Sie setzen dabei auf digitale Lösungen.

Sie heißen Recup, Relevo oder Vytal, um nur die derzeit bekanntesten zu nennen. Alle eint die Grundidee: Gastronomen sollen nicht gezwungen sein, jeweils eigenes Geschirr für den Außer-Haus-Gebrauch anzuschaffen und eine eigene Rücknahme- und Spüllogistik aufzubauen. Die Mehrweg-Systemanbieter beliefern die Gastronomie mit Behältern für Speisen und Getränke und sorgen für die Reinigung und für Nachschub.

Entscheidend ist ein möglichst großes Netz an Partnerbetrieben. Nur damit ist gewährleistet, dass Verbraucher die Behälter nicht bloß an der jeweiligen Ausgabestelle zurückgeben können, sondern bei jedem Betrieb, der an das jeweilige Mehrwegsystem angeschlossen ist. Recup⁵ verfügt nach eigenen Angaben über mehr als 21.000 Ausgabestellen.

Rein analog sind solche komplexen Systeme kaum zu betreiben. Die Mehrweg-Wende verläuft digital. Alle Anbieter setzen digitale Technologien ein – wenn auch in unterschiedlichem Maß.

Besonders stark positioniert sich Vytal⁶ mit Hauptsitz in Köln als digitales System. „Der wichtigste Grund, weshalb wir konsequent auf eine digitale Lösung setzen, besteht darin, dass wir auf diese Weise auf ein herkömmliches Pfandsystem verzichten können“, erklärt Mitgründer und Geschäftsführer Dr. Fabian Barthel. Ein analoges Pfand für die Mehrwegbehälter sei für Kunden eine psychologische Hürde. Liege es niedrig, gebe es keinen Anreiz, die Behälter schnell zurückzugeben. Liege es

hoch, sei es den Leuten zu teuer, meint Barthel.

Dass Vytal nach eigenen Angaben eine Rücklaufquote von mehr als 99 Prozent verzeichnet, führt Barthel auf die komplett digitale Ausrichtung zurück. Jeder Behälter sei mit einem QR-Code individuell gekennzeichnet. Nutzer registrieren sich einmalig in der unternehmens-eigenen App. So weiß Vytal immer, wo sich welcher Behälter gerade befindet. Und Verbraucher können in der App sehen, wie viel Einwegplastik sie schon durch die Mehrweg-Nutzung eingespart haben.

Aus Sicht der Stiftung Refrastructure⁷ genügen eine Handvoll erfolgreicher Mehrweg-Systeme nicht, um Mehrweg im To-go-Bereich zur neuen Normalität zu machen. Sie möchte eine anbieterübergreifende Dateninfrastruktur etablieren, die es ermöglicht, dass Nutzer die verwendeten Behältnisse „überall“ zurückgeben können – also an Rückgabeautomaten und Rückgabestellen im öffentlichen und privaten Raum. „Return anywhere“ lautet das Zauberwort.

„Wir betrachten eine künftige Mehrweg-Infrastruktur als ein gesellschaftliches Gemeingut“, erläutert Refrastructure-Geschäftsführer Markus Urff. Den Wettbewerb der Anbieter möchte Urff dabei keineswegs ausschalten, sondern durch die gemeinsame digitale Infrastruktur auf ein höheres Level bringen. „BMW, Mercedes und VW haben keine eigenen Straßeninfrastruktur gebaut, sondern fahren alle gemeinsam auf öffentlichen Straßen. Gerade weil diese öffentliche Infrastruktur vorhanden ist,

5 <https://recup.de/>

6 <https://www.vytal.org/>

7 <https://refrastructure.org/>



Kick-off der Mehrwegallianz⁸ im Dezember 2022: Initiiert von ProjectTogether, Mehrwegverband und WWF, will ein breites Bündnis aus Unternehmen, Kommunen und Initiativen Mehrweg zum Standard machen. Digitale Innovationen spielen dabei eine wichtige Rolle.

werden mehr Autos nachgefragt. Gleichzeitig ermöglicht die Infrastruktur eine Intensivierung des Wettbewerbs zwischen den Anbietern. Bei der digitalen Mehrweginfrastruktur handelt es sich letzten Endes um eine digitale Datenautobahn“, zieht er einen Vergleich. Ihm und seinen Mitstreitern geht es um nicht weniger als die Frage, welche Form der Plattform-Ökonomie in Zukunft trägt. Würden alle Anbieter auf einen gemeinsamen digitalen Standard zurückgreifen, ließe sich die Logistik – vom Transport bis zum Spülen – wesentlich effizienter und kostensparender organisieren, glaubt man bei Refrastructure.

Mit dieser Haltung ist die gemeinnützige Organisation nicht allein. In mehreren lokalen Pilotprojekten, unter anderem in München-Haar, sind Tests angelaufen. Mit dabei: die Systemanbieter Recup, Relevo und ReCIRCLE.

„Ich halte ein solches gemeinsames System für nicht notwendig“, meint hingegen Vytal-Chef Fabian Barthel. Er hält es zudem für unrealistisch, dass es Gastronomen zuzumuten ist, Behälter unterschiedlicher Systeme zurückzunehmen – ganz unabhängig von der Möglichkeit einer digitalen Abwicklung. Barthel schwebt stattdessen ein weitgehend flächendeckendes Netz von Rückgabeautomaten im öffentlichen Raum vor, die Behälter unterschiedlicher Anbieter entgegennehmen und die jeweiligen Container-IDs erkennen können. Dazu brauche es durchaus Schnittstellen zwischen den Systemen, aber eben keine gemeinsame Daten-Plattform. „Wir müssen die Ausgabe und die Rücknahme entkoppeln“, ist Barthel überzeugt. Auch dazu sind

Pilotprojekte in Berlin und München bereits gestartet.

Einmal mehr geht es hier also um mehr als eine technologische Frage. Ist die Digitalisierung eine Chance für eine neue Form der Gemeinwohlökonomie oder eine Möglichkeit, sich im Wettbewerb zu differenzieren?

Ein Problem haben beide Glaubensrichtungen gemeinsam: das Geld. Weder für eine gemeinnützige digitale Infrastruktur noch für ein Netz von Rücknahmestationen im öffentlichen Raum und die dahinter liegende Logistik existiert ein tragfähiges Geschäftsmodell. Niemand verdient mit der Rücknahme. Sie verursacht nur Kosten. Wer soll den zusätzlichen Aufwand bezahlen, solange Einweggeschirr billig zu haben ist?

Die Politik muss also einen Schritt weiter gehen, wenn sie ihre Mehrweg-Angebotspflicht⁹ mit Leben füllen will. Darin sind sich die unterschiedlichen Akteure in dem jungen Markt weitgehend einig. Eine Lösung wäre eine deutlich spürbare Einweg-Steuer¹⁰, aus deren Ertrag die Rücknahme- und Spüllogistik für Mehrweg-Lösungen subventioniert werden könnte.

So scheint auch die digitale Mehrweg-Wende eine Gemeinschaftsaufgabe zu sein zwischen den digitalen Pionieren der jungen Wirtschaft, den etablierten Größen im To-go-Markt und einer Politik, die nicht bloß Gesetze erlässt, sondern auch die Bedingungen für deren Umsetzung schafft. Genau das macht die Sache kompliziert.

8 <https://mehrweg-einfach-machen.de/>

9 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/neue-mehrwegangebotspflicht-fuer-speisen-getraenke>

10 <https://www.presseportal.de/pm/22521/5540782>

BIG WASTE. BIG DATA.

Wie Digital-Pioniere die globale
Abfallwirtschaft erneuern wollen



TRANSPARENZ ZAHLT SICH AUS

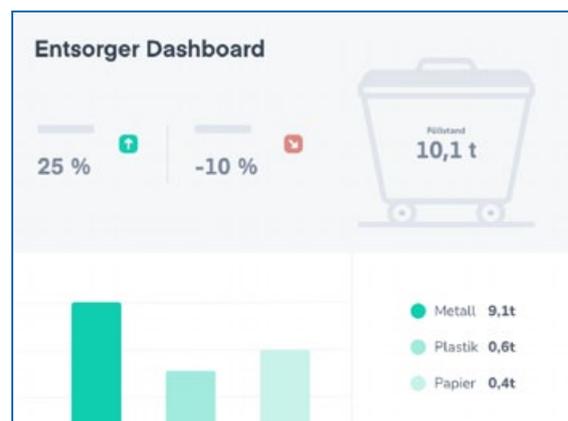
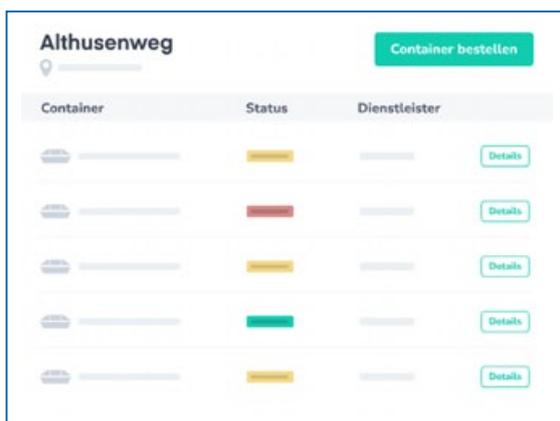
Effizientes Abfallmanagement ist für Unternehmen eine wesentliche Säule zirkulären Wirtschaftens. Richtig gesteuert, lassen sich dadurch nicht nur Kosten einsparen, sondern auch der CO₂-Ausstoß verringern. Das Potenzial hinter einer zentrierten, systematischen Abfalldatenerfassung und -analyse erkennen immer mehr und Unternehmen. Das war lange Zeit nicht so, weiß Meike Lessau, Circularity Managerin bei Resourcify: „Abfall wird häufig vernachlässigt, wenn er nichts mit dem Kernprodukt zu tun hat. Unternehmen wollen ihn einfach schnell loswerden, um sich auf das Wesentliche ihrer Geschäftstätigkeit konzentrieren zu können.“

Das Hamburger Start-up, das inzwischen schon in sieben europäischen Ländern aktiv ist, unterstützt Super- und Baumärkte, Flughäfen, Kliniken sowie Produktionsstätten unterschiedlichster Branchen dabei, ihre Abfälle digital zu managen und die Kommunikation mit Entsorgern zu erleichtern. Die Daten werden dabei zentral über eine Plattform erfasst, um transparent einsehbar zu machen, wo Abfälle anfallen, wie sie besser verwertet und vielleicht sogar reduziert werden können. Hierfür hinterlegen die Kunden in einem ersten Schritt ihre Stammdaten zu Angaben wie beispielsweise den Container-Standorten, Verantwortlichkeiten für die Abholung und die Intervalle der Leerung.

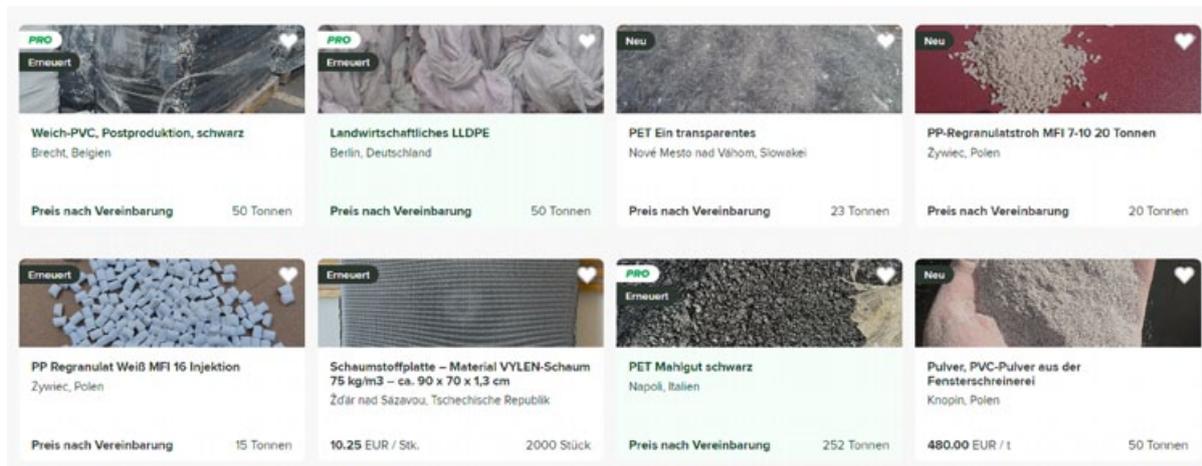
Resourcify verfügt über ein Partnernetzwerk an über 450 Entsorgern, die von den Unternehmen über die Plattform mit wenigen Klicks beauftragt oder abbestellt

werden können, wenn Abfallbehälter beispielsweise noch nicht voll genug sind. „Am Ende laden die Entsorger in der Plattform die Daten zu den abgeholt Mengen hoch und hinterlegen den entsprechenden Nachweis unter anderem in Form von PDF-Dokumenten über ihre eigenen Schnittstellen“, erklärt Lessau.

Auf diese Weise kann beispielsweise ein Filialunternehmen innerhalb kürzester Zeit einsehen, wie hoch die Füllstände der Behälter an den unterschiedlichen Standorten zum Zeitpunkt der Abholung waren und Rückschlüsse dazu ziehen, ob die Wechselintervalle oder Containergrößen einer bestimmten Filiale angepasst werden müssen, sodass sich dann entweder höhere Materialerlöse erzielen oder aber Transportkosten und damit auch Emissionen senken ließen.



Screenshots Resourcify



Screenshots Cyrkl

Auch das tschechische Start-up **Cyrkl** hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Abfallmanagement von Unternehmen zu optimieren, geht dabei aber noch einen Schritt weiter. Cyrkl hat einen digitalen Marktplatz geschaffen, auf dem Abfallprodukte oder Restmengen zum Verkauf angeboten und Preis sowie Transport mit Recyclern ausgehandelt werden können. Auf dem Cyrkl-Marktplatz werden Angebot und Nachfrage mithilfe von innovativen Technologien, Datenanalyse und maschinellem Lernen verbunden und Unternehmen in Sachen Kreislaufwirtschaft und Gesetzgebung beraten, um Abfälle und Entsorgungskosten nicht nur zu reduzieren, sondern sie auch sinnvoll wiederzuverwerten.¹¹

Teil des Angebots von Resourcify ist auch die Möglichkeit, über das Tool das gesamte Abfallreporting zu erstellen, um dieses an die zuständigen Behörden weiterzuleiten. „Bisher wurde das in den meisten Unternehmen manuell gehandhabt und in zahlreichen Ordnern nach abgehefteten Wiegescheinen gesucht, um einmal jährlich in aufwendiger Kleinarbeit eine Übersicht zu allen Abfallfraktionen zu erstellen. Das passiert in Zukunft nun alles per Knopfdruck mit akkuraten Daten. Aus diesen Daten lassen sich wiederum jederzeit Optimierungsmaßnahmen ablesen“, erklärt Lessau stolz.

Angesichts neuer strengerer Berichtspflichten, so im Rahmen der seit Januar 2023 in der Europäischen Union geltenden Corporate Sustainability Reporting Directive, gewinnen abfallrelevante Daten zu Stoffströmen, Verwertungswegen und Recyclingquoten für die Nachhaltigkeitsbewertung von Unternehmen immer mehr an Bedeutung.¹²

In Anbetracht des globalen Ausmaßes der Kunststoffmüll-Krise sind solche Daten, die in Zukunft im Zuge solcher regulatorischen Rahmen erhoben und veröffentlicht werden müssen, besonders relevant im Hinblick auf die Eindämmung der Flut von Plastikabfall. Genauso wie sogenannte Corporate Plastic Waste Disclosure-Ansätze, zu denen sich Unternehmen teils schon selbst verpflichten, schaffen sie nicht nur Transparenz im Hinblick auf Investorenrisiken und Vergleichbarkeiten für Verbraucher, sondern liefern auch der Politik die erforderlichen Informationen, um effektive Maßnahmen abzuleiten und Anreize zur Förderung eines nachhaltigeren Umgangs mit Kunststoffen zu schaffen.¹³

11 EU-Recycling Magazin (2021)

12 Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2022), Art. 29b Abs. (2) (a) iv

13 PREVENT Waste Alliance (2023) (3), S. 3, 11





Gastbeitrag von Dominic Santschi, Mitgründer von Amplphi

VERANTWORTLICHKEIT BRAUCHT KLARE BILANZEN

Die Verantwortlichkeiten für die globale Plastikmüll-Krise sind umstritten und werden auf unterschiedliche Arten und Weisen zugeteilt. Ein Hauptgrund für diese fragmentierte Zuteilung ist die mangelnde Transparenz der Materialflüsse.

Die Verantwortlichkeiten für die globale Plastikmüll-Krise sind umstritten und werden auf unterschiedliche Arten und Weisen zugeteilt. Ein Hauptgrund für diese fragmentierte Zuteilung ist die mangelnde Transparenz der Materialflüsse.

Stand heute sind sich nämlich nur die wenigsten Unternehmen bewusst,¹⁴ welche Kunststoffe in ihren Produkten eingesetzt werden, wo ihre Abfälle anfallen und wie diese schlussendlich verwertet werden. Das daraus resultierende Unwissen ist problematisch, da daraus kein Anreiz zur Verantwortlichkeit geschaffen wird.¹⁵

Die Plastikmüll-Bilanzierung bietet hier ein vielversprechendes Konzept, um mehr Transparenz und somit auch das Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit Kunststoffabfällen zu fördern.¹⁶

Das Konzept der Plastikmüll-Bilanzierung

Bei der Plastikmüll-Bilanzierung wird die Menge und die Art von Plastikmüll erfasst, welche auf die direkten Aktivitäten einer Unternehmung zurückzuführen ist. Anfallende Abfallgebühren, die Kreislaufwirtschaftsfähigkeit und zusätzlich auch Kennzahlen wie Recyclingquoten oder die Verwendung von recyceltem Kunststoff fließen in die Bilanzierung ein. Das führt Unternehmen transparent vor Augen, wo sie in puncto Kunststoffabfälle stehen und schafft damit Bewusstsein für den eigenen Beitrag zur weltweiten Plastikmüll-Problematik.

Das Konzept der Plastikmüll-Bilanzierung unterscheidet sich dahingehend vom digitalen Produktpass, dass die Datentransparenz nicht nur zu einem Produkt vorliegt, sondern für die gesamte Unternehmung geschaffen wird. Durch diese ganzheitliche Analyse können Unternehmen die Umwelteinflüsse ihrer verschiedenen Produkte miteinander vergleichen und ihre konsolidierten Kennzahlen im Vergleich mit ähnlichen Firmen einordnen.

Wie die Digitalisierung die Plastikmüll-Bilanzierung unterstützt

Wie im Fall der Lebensmittelindustrie, wo die Digitalisierung bereits zu vielversprechenden Entwicklungen durch mehr Transparenz beigetragen hat,¹⁷ bietet sie auch im Fall der Plastikmüll-Krise Potenzial.¹⁸ Denn durch den Einsatz von Technologien können beispielsweise Kunststoffverpackungen lückenlos erfasst und über ihre gesamte Lebensdauer verfolgt werden. Lieferketten werden somit transparent abbildbar.

Unternehmen, die sich dann bewusst für eine Veröffentlichung ihrer Bilanzierung entscheiden, schaffen nicht nur Transparenz gegenüber der kritischen Öffentlichkeit, sondern lösen auch internen Handlungsdruck aus. Denn ein bestärktes Verantwortungsbewusstsein allein reicht nicht aus, wenn in der Konsequenz keine Taten folgen. Positive Beispiele¹⁹ belegen, dass durch die Offenlegung der Plastikmüll-Bilanz Unternehmen und Organisationen zu ambitionierten Maßnahmen zur

14 Vgl. POLYPROBLEM (2019)

15 Vgl. POLYPROBLEM (2020)

16 ETH Zürich – sus lab (2020)

17 Duda et al. (2023)

18 Vgl. ReiProk (o. J.)

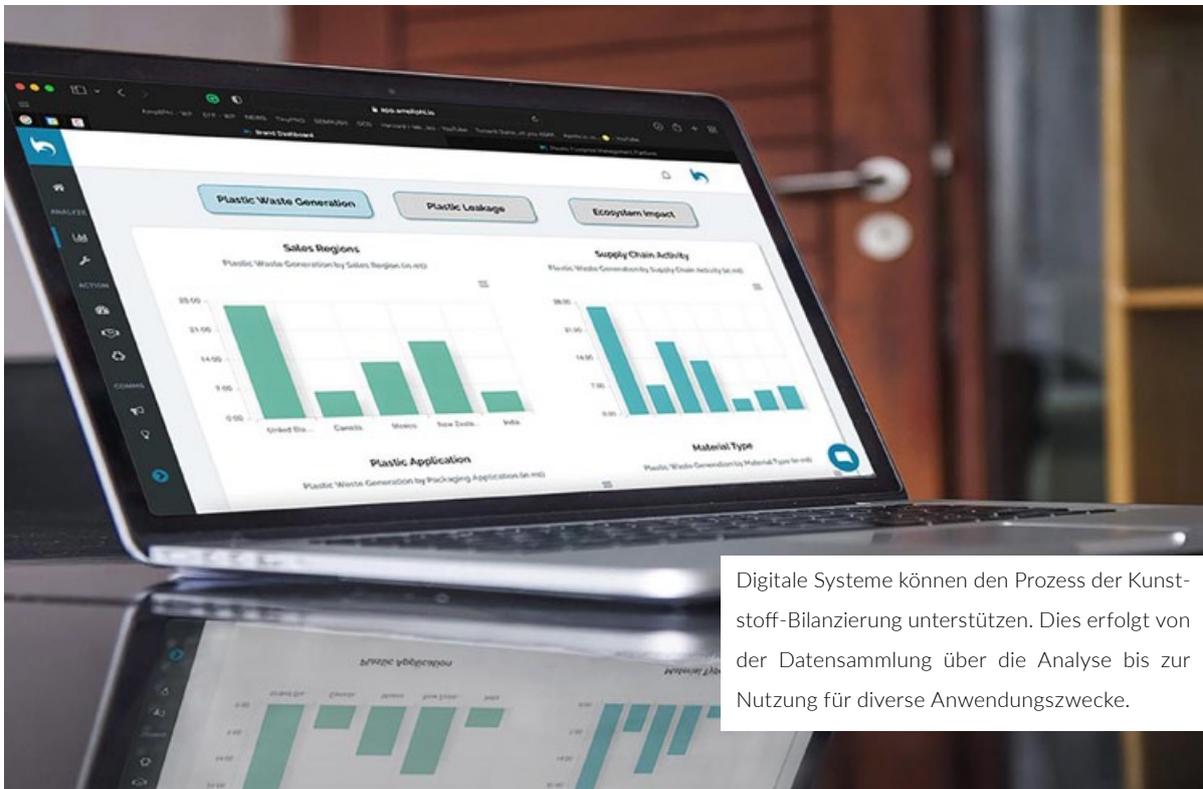
19 Amplphi (2022)

Reduzierung ihres Plastikmülls greifen, indem beispielsweise Ressourceneinsparungen vorangetrieben und die Verwendung von recyceltem Kunststoff gefördert wird. Dieses Engagement hat nicht nur langfristig positive Auswirkungen auf die Umwelt und die Reputation der Unternehmen, sondern auch das Potenzial, den Übergang zu einer nachhaltigen und verantwortungsbewussten Wirtschaft zu unterstützen.

Plastikmüll-Bilanzierung, quo vadis?

Die Einführung der Plastikmüll-Bilanzierung ist jedoch noch mit einigen Herausforderungen verbunden. Denn

es bedarf einer einheitlichen Methodik und Standards,²⁰ um Vergleichbarkeit zwischen Unternehmen und Glaubwürdigkeit zu gewährleisten. Zudem müssen Unternehmen gewillt sein, ihre Daten tatsächlich offenzulegen²¹ und die Ergebnisse ihrer Bilanzierung zu kommunizieren. Dies erfordert ein zwingendes Umdenken und einen Kulturwandel in der Unternehmenspraxis. Und natürlich setzt es die Bereitschaft voraus, sich dem öffentlichen Druck zu stellen, der mit einer Veröffentlichung und der gesellschaftlichen Erwartungshaltung gegenüber Unternehmen einhergeht, Verantwortung zu übernehmen.



20 PREVENT Waste Alliance (2023) (3)

21 Ellen MacArthur Foundation (2022) (1)

INTELLIGENT MACHT SAUBER

Noch viel zu oft landen Plastikabfälle dort, wo sie nicht hingehören und für immer verloren gehen. Allein in Berlin beträgt die Fehlwurfquote im Restmüll 66 Prozent.²² Dabei zählt sich sortenreines Trennen in zweierlei Hinsicht aus, denn vielerorts wird Restmüll nach Gewicht berechnet. Ob künstliche Intelligenz, Robotik, das Internet der Dinge (IoT) oder Blockchain – all diese technologischen Ansätze spielen deshalb eine Rolle, wenn es darum geht, die städtische Abfallwirtschaft zu digitalisieren und Abfallrouten durch eine bessere Steuerung effizienter zu gestalten, dadurch Zeit, Kosten und CO₂ zu sparen und anhand der Einbeziehung von Bürgerinnen und Bürgern mehr Transparenz zu schaffen.

Viele Städte haben sich bereits auf den Weg zur Smart Waste Management City gemacht²³ – ob New York, Amsterdam, Stockholm,²⁴ Songdo in Südkorea, oder eben Villach. Die 65.000-Einwohnerstadt in Kärnten startete Anfang 2020 im Rahmen eines Public Private Partnership-Modells gemeinsam mit der **Sauberma-cher Dienstleistung AG** ein Pilotprojekt, um mithilfe künstlicher Intelligenz die städtische Abfallentsorgung zu optimieren.²⁵ So wurden in 1.100 Altglascontainern Sensoren installiert, die regelmäßig die Füllstände messen, damit eine Leerung nur dann stattfindet, wenn die Behälter tatsächlich voll sind.

Auch in Berlin²⁶ testet die **Berliner Stadtreinigung (BSR)** seit 2020 Funksensoren an Unterflurcontainern, die rund um die Uhr Füllstanddaten sammeln.²⁷ Diese Daten werden dann an Cloud-Server übertragen, wo sie mithilfe von künstlicher Intelligenz analysiert und auf einem Dashboard visualisiert werden, um optimale Routen an die Navigationssysteme der Müllfahrzeuge zu übertragen. Bis zu 30 Prozent mehr Effizienz hinsichtlich der pünktlichen Leerung und weniger CO₂-Emissionen versprechen sich die Berliner Entsorger von dem System.²⁸

Die Wirtschaftsbetriebe Duisburg haben 2021 eine Fallstudie zur Bewertung der Nutzen von Füllstands-

sensoren veröffentlicht, wofür in 13 unterschiedlichen Abfallbehältern parallel bis zu fünf Sensortypen eingesetzt wurden, um die Chancen und Grenzen des Einsatzes von Sensoren zu evaluieren. Die Tests im Rahmen der Studie ergaben teils hohe Abweichungen zwischen den Sensor-Messwerten und dem realen Füllstand der Behälter, was auf Ausreißer zurückzuführen sei, wie beispielsweise Fälle, in denen Abfälle direkt unter dem Sensor platziert wurden.

Zudem belege die Studie, dass bestehende Abfuhrintervalle bei grundstücksbezogenen Behältern und Fraktionen wie Restmüll, Leichtverpackungen (LVP) und Papier, Pappe und Karton (PPK) bereits in einer angemessenen zeitlichen Frequenz und somit nur selten zu früh oder zu spät erfolgen. Die Analyse weist demnach bei öffentlichen Behältern ein größeres Potenzial für den Einsatz von Sensoren aus. Das liegt auf der Hand, denn wie schnell sich ein Abfallbehälter im öffentlichen Raum füllt, ist schwerer zu prognostizieren als bei den Mülltonnen in den Haushalten.²⁹

In Bangladesch zum Beispiel hat der zweitgrößte Mobilfunknetzbetreiber des Landes, Robi Axiata, der Stadt Dhaka fünfhundert Sensoren zur Verfügung gestellt,

22 Ott (2023), S. 5

23 Joshi (2022)

24 Shahrokni et al. (2014)

25 Goldschald (2021)

26 Hinweis Duisburg

27 BSR (2020); BSR (2021)

28 Ott (2023), S. 8

29 Vgl. Hoffmann et al. (2021)

um die Füllstände in öffentlichen Abfallbehältern zu überwachen und dann die zuständigen Stellen zu informieren, wenn eine Leerung notwendig ist.³⁰

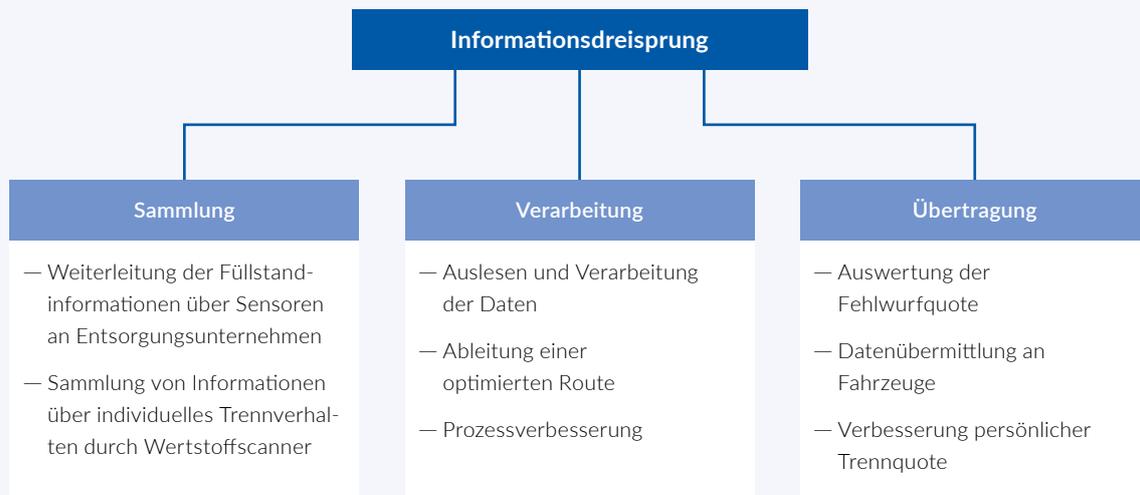
Zurück ins österreichische Villach: Um die materielle Zusammensetzung von Abfällen KI-gestützt zu analysieren und somit auch private Trennquoten zu ermitteln, wurden hier – ebenso wie in Berlin – auch sogenannte Wertstoffscanner (Infrarotkameras und Sensoren) in Müllwagen getestet.³¹ Im Fall von Villach befinden sich hierfür jeweils Chips mit Identifikationsnummern an den Mülltonnen, damit nicht nur die Daten den Standorten der 450 freiwillig am Piloten teilnehmenden Haushalten zugeordnet werden, sondern auch die Abfallentsorger per App direktes Feedback zu ihrer Müllentsorgung erhalten können.³²

Langfristig könnten ein solches Abfallmonitoring und die transparente Bereitstellung entsprechender Analysen die Chance bieten, durch zielgruppenspezifischere Infor-

mations- und Aufklärungskampagnen zu einem nachhaltig verbesserten Trennverhalten beizutragen, mit der Aussicht auf sinkende Entsorgungskosten für besonders vorbildlich trennende Bürgerinnen und Bürger.

Eine Herausforderung für die flächendeckende Einführung solcher Systeme besteht in den regionalen Unterschieden. Diese beschäftigen nicht nur die Entsorger, sondern auch die Abfallerzeuger, weil mancherorts drei verschiedene Behälter und anderenorts nur ein Behälter für wiederverwertbare Verpackungsabfälle zur Verfügung stehen. Insbesondere im Auslandsurlaub wird jedem Verbraucher die Vielfalt an Trennungsweisen deutlich bewusst. Neben der Informationsbereitstellung zu Aufklärungszwecken gilt es also, auch unnötige Komplexitäten abzubauen und nutzungsfreundliche Lösungen bereitzustellen. Das gilt vor allem für die Orte, an denen die Mülltrennung besonders schnell und zuverlässig gehen muss: auf der Shoppingmeile, am Gleis oder kurz vor dem Boarding.

Digitaler Wertschöpfungsprozess für die Optimierung von Routen und Trennquoten



Quelle: in Anlehnung an Ott (2023), S. 11

30 Wilson et al. (2021), S. 30

31 BSR (2023), S. 11; Goldschald (2021), S. 3

32 Goldschald (2021), S. 3 <?>

SMARTE ABFALLBEHÄLTER AM BEISPIEL VON BIN-E

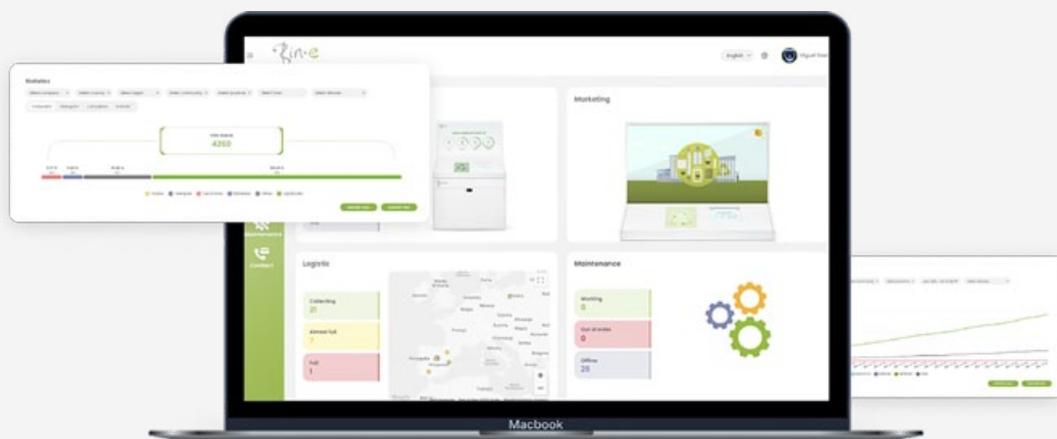
95-PROZENTIGE TRENNQUOTEN TROTZ ZEITDRUCK



„Falsche Mülltrennung ist oftmals auf Unwissen oder mangelnde Zeit zurückzuführen. Wir wollen niemanden vorverurteilen oder Unwillen unterstellen, sondern eine sinnvolle Lösung anbieten“, so Jakub Luboński, Geschäftsführer und Co-Gründer von Bin-e. Das polnische Start-up hat smarte Abfallbehälter entwickelt, von denen heute bereits 250 Stück in über 20 Ländern zum Einsatz kommen und auch schon am Bahnhof Münster getestet wurden.

Die smarten Mülleimer stehen bisher in Einkaufszentren oder Bürokomplexen und nutzen ein Bilderkennungssystem, das nach Eingabe des Abfalls eine Bildaufnahme anfertigt, die in Millisekunden durch künstliche Intelligenz ausgewertet wird, um das Stück Abfall dann in den entsprechenden Behälter zu transportieren und dort zu pressen. Sensoren überwachen den Füllstand der vier Behältnisse, sodass bei Leerungsbedarf eine Benachrichtigung an das zuständige Facility Management übermittelt wird.

Eine wesentliche Frage, die sich für die Bin-e-Entwickler stellte, war, ob Kunden überhaupt an der teuren Anschaffung und Wartung von intelligenten Mülleimern interessiert sein würden, wenn deren Aufstellung keinerlei finanziellen Nutzen abwirft. Schließlich zahlen Abfallerzeuger bisher nicht dafür, wenn sie Mülleimer benutzen. Schnell war deshalb klar, dass ein Mehrwert für die Aufsteller der Abfallbehälter geschaffen werden muss: „Hier kommt das ‚smart‘ ins Spiel. Wir stellen unseren Kunden Echtzeitdaten über die Nutzung und Abfallzusammensetzung bereit“, berichtet Luboński. Diese Daten werden dann in einer Cloud gesammelt, und per App oder Dashboard können Informationen zu den gesammelten Abfällen und zum technischen Zustand der smarten Mülleimer eingesehen werden. Denn für Luboński ist klar: „Es kommt nicht nur darauf an, die Daten zu haben, sondern auch zu wissen, wie man sie am Ende des Tages nutzen kann. So lassen sich beispielsweise Stoffströme besser kontrollieren oder aber auch wichtige Daten für das CSR- oder EPR-Reporting generieren.“



Quelle: Bin-e³³

33 Vgl. Ishitiva (o. J.): Auch das indische Unternehmen Ishitiva Robotic Systems vertreibt smarte Mülleimer.

TASTE STATT TONNE

In den Regionen der Welt, in denen ein etabliertes Abfallmanagement und somit auch eine regelmäßige Ansteuerung von Haushalten durch eine Müllabfuhr noch Fehlanzeige sind, hat der digitale Fortschritt eine besondere Bedeutung. Vielleicht ist er die einzige Chance für eine erweiterte Produzentenverantwortung.

So ergab die Analyse Digital Dividens in Plastic Recycling aus dem Jahr 2021, gefördert durch die britische Regierung, dass 60 Prozent der 63 untersuchten digitalen Anwendungen in Afrika, Südasien und Südostasien dem übergeordneten Zweck dienen, abfallproduzierende Haushalte und Unternehmen mit Abfallsammlern und Recyclern zusammenzubringen – in den meisten Fällen per App.³⁴

Müllentsorgung per Knopfdruck

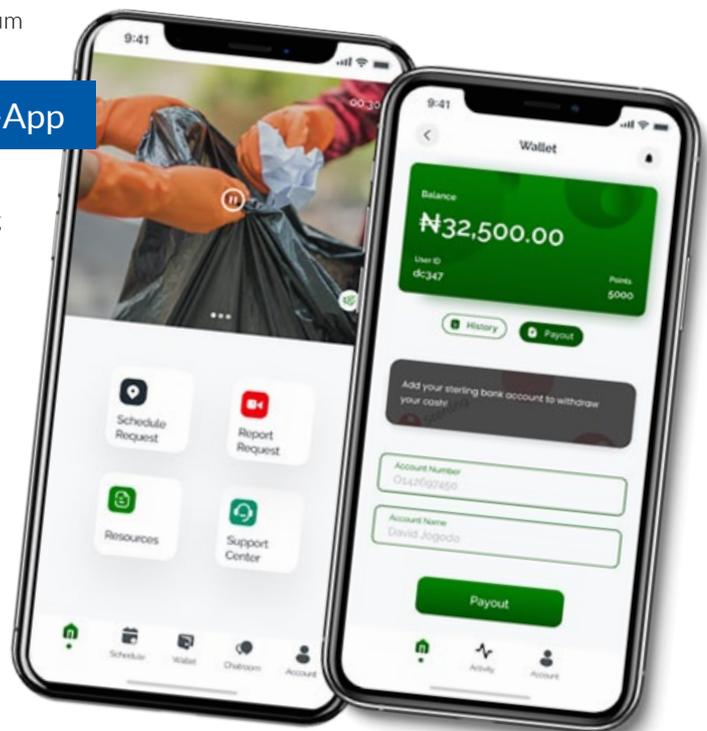
Das Angebot der Apps folgt vielerorts einem ähnlichen Prinzip wie beispielsweise bei der Lösung des nigerianischen Anbieters **Pakam Technology**: Abfallerzeuger erhalten per App eine Anleitung, um zunächst zu Hause oder im Unternehmen ihre recyclingfähigen Abfälle entlang vorgegebener Kategorien – zum Beispiel Kunststoff, Karton, Windeln, Aluminium, Multilayers, Glas, Öl – selbst zu sortieren und abzapacken, bevor sie danach per Knopfdruck die Abfallabholung durch einen Abfallsammler beauftragen und in der App die Abfallarten und -mengen hinterlegen.³⁵

Damit sich das Geschäft für die Sammler lohnt, gelten oftmals Mindestvorgaben für die abzuholende Abfallmenge. **Veca**, ein Unternehmen, das in Vietnam unter anderem Abfallsammler und Ankäufer mittels einer App verbindet, akzeptiert nur Abholaufträge von mindestens fünf Kilogramm. Für Abfallmengen darunter entsteht für die Abfallerzeuger eine Gebühr, die den

Sammlern als Zuschlag für die Anfahrtkosten und -zeit dienen soll.³⁶ Bei **Duitin**, einer ähnlich konzipierten Plattform des indonesischen Entsorgungsunternehmens PT. Tjatra Yasa Indonesia, beträgt das Mindestgewicht drei Kilogramm.³⁷ Nach Versand der Abholanfrage werden die Abfallsammler über die App automatisch informiert, wobei bis zum Abholen schon mal ein bis zwei Tage vergehen.³⁸

Bei Pakam in Nigeria erhalten die Abfallverkäufer eine digitale³⁹, bei Veca in Vietnam optional auch eine Barzahlung für ihre Abfälle, wobei die zu erzielenden Preise für die unterschiedlichen Abfallarten transparent in der App aufgeführt sind und regelmäßig gemäß der Marktentwicklungen

Pakam-App



Quelle: Pakam

34 Wilson et al. (2021), S. 28

35 Pakam (o. J.)

36 Veca (o. J.)

37 Duitin (o. J.) (3)

38 Veca (o. J.)

39 Pakam (o. J.)



Quelle: Veca

aktualisiert werden.⁴⁰ Bei Duitin erfolgt die Zahlung in Form einer digitalen Währung. In Anlehnung an die Abfallsorte und -menge erhalten Abfallerzeuger sogenannte Duitin Coins oder Duitin Points – eine Art Treuepunkte – gutgeschrieben. Mit den virtuellen Münzen oder Punkten können dann direkt über die App digitale Produkte erworben werden.⁴¹

Je simpler, desto zugänglicher

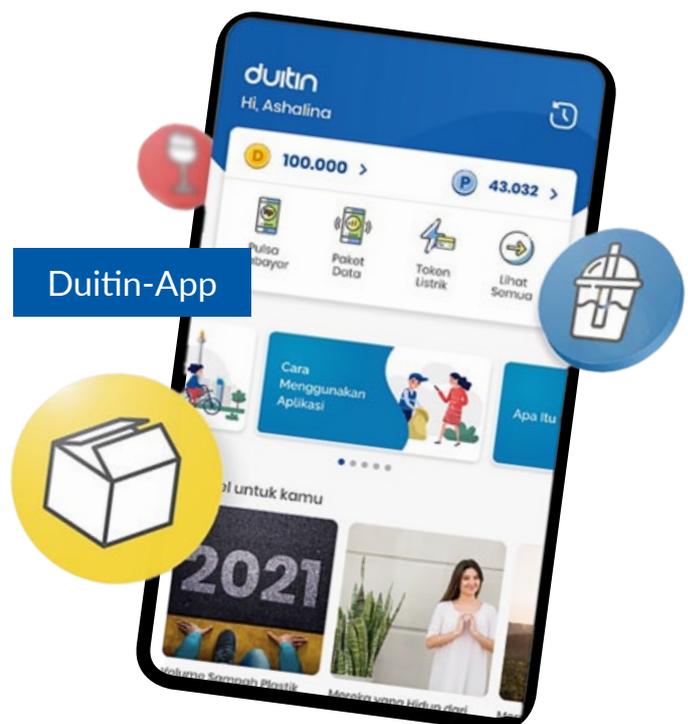
So praktisch Apps für diejenigen sein mögen, die über ein Smartphone und die notwendige Anwenderkompetenz verfügen, so notwendig erscheint es, die Informationen und Anwendungen besonders niedrigschwellig zu gestalten und damit den teilweise niedrigen sozialen Status und die Bildungsbenachteiligungen der Abfallarbeitenden im globalen Süden zu berücksichtigen.

Die App **KOLEKT** von **Circular Action**, einer Initiative der weltweit aktiven NGO **BV-Rio** wurde

deshalb nicht nur für, sondern gemeinsam mit Abfallsammlern entwickelt. Sie funktioniert auch offline und kommt so gut wie ohne Text aus.⁴² Andere App-Betreiber kooperieren mit Wohlfahrtseinrichtungen für die Bereitstellung von Smartphones im Rahmen lokaler Regierungsprogramme zur Arbeitsplatzbeschaffung,⁴³ und Plastic Bank bietet den Abfallsammlern in ihren Projekten Trainings zur Erweiterung digitaler Kompetenzen und einer effektiven Nutzung der verschiedenen Features an.⁴⁴

Nachfrage bestimmt Angebot

Die Zunahme gesetzlicher Regelungen auf dem Weg zur Umsetzung der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR) macht digitale Anwendungen auch für Unternehmen interessant, die nach Lösungen für ihr Abfallmanagement suchen und nicht auf etablierte öffentliche Abfallwirtschaftssysteme zurückgreifen können. Die Anbieter reagieren. So können



Quelle: Duitin

40 Veca (o. J.)

41 Duitin (o. J.) (4)

42 Circular Action (o. J.) (1)

43 Shu (2022)

44 Interviewaussage Peter Nitschke, Plastic Bank

beispielsweise Unternehmenskunden von Duitin im Rahmen von Recyclingprogrammen ihre Mitarbeitenden motivieren, anhand eines Unternehmenscodes gemeinsam Punkte zu sammeln, und mittels einer Tracking-Funktion nachverfolgen, wie sich der Einfluss der eigenen Belegschaft auf die Umwelt entwickelt.⁴⁵

Octopus, 2021 gegründet und ebenfalls aus Indonesien, erreicht nicht nur bereits 150.000 Nutzer und kooperiert mit 60.000 Abfallsammlern, sondern arbeitet auch schon mit über 20 Markenartiklern zusammen, die es bei der Umsetzung ihrer jährlichen Nachhaltigkeitsziele⁴⁶ durch Reporting-Angebote und Audits unterstützt.

Auch die Entwicklung passgenauer Pfandsysteme (Octopus Deposit Return System) bietet das Start-up an, beispielsweise in Kooperation mit Procter & Gamble für gebrauchte Produktverpackungen⁴⁷ oder Softex (Kimberly-Clark)⁴⁸ für benutzte Babywindeln. Dabei zahlen Konsumenten beim Kauf der Produkte ein Pfand, das ihnen zurückerstattet wird, wenn sie die Abholung der Wasserflaschen oder Babywindeln über die Octopus-App veranlassen. Ein Dashboard informiert die Marken über das Entsorgungsverhalten ihrer Kunden.⁴⁹

Der Netzwerkgedanke

Eine zentrale Herausforderung beim Aufbau effizienter digitaler Strukturen ist die starke Fragmentierung des Abfall- und Recyclingsektors, der eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure und Interessengruppen umfasst: Angefangen bei Haushalten und Sammlern über Sammelstellen oder Aufkäufern bis hin zu den Aggregatoren, Recyclern und Exporteuren, deren Zusammenspiel oft unkoordiniert wirkt.

An dieser Stelle hat das Projekt **Creating Value in Plastics Through Digital Technology** der vom deutschen Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) initiierten **PREVENT Waste Alliance** in Indonesien angesetzt. „Unser Ziel

KOLEKT-App



Quelle: Circular Action, B.V. / KOLEKT

war es, eine digital verknüpfte Recycling-Lieferkette für Kunststoffe aufzubauen, beginnend bei den abfallerzeugenden Haushalten bis hin zum globalen Markt“, erklärt Peter Nitschke, Globaler Direktor für Community Partnerschaften bei **Plastic Bank** und Kooperationspartner des vierteiligen Projektkonsortiums.

Für eine verbesserte Trennung direkt an der Quelle des Abfalls hat das **German Institute of Development and Sustainability (IDOS)** Bildungsmaßnahmen speziell für Haushalte entwickelt, um eine nachhaltige Verhaltensänderung zu fördern. Das indonesische Sozialunternehmen **Waste4Change** hat ein System zur Sammlung von getrennten Abfällen auf Haushaltsebene und für die örtlichen Waste Banks beigesteuert. „Die Mülltrennungsrate konnte von 20 Prozent auf 60 Prozent gesteigert werden, nur weil den Haushalten eine zweite Tonne zur Verfügung gestellt und diese separat abgeholt wurde“, erklärt Peter Nitschke stolz. Für die sichere und faire Bezahlung der Abfallsammler kam die Plastic Bank-App zum Einsatz, die auf einer Blockchain-Technologie

45 Duitin (o. J.) (2)

46 In Indonesien ist von Extended Stakeholder Responsibility die Rede.

47 Octopus (o. J.) (1)

48 Kimberly-Clark Softex (2021)

49 Octopus (o. J.) (1)

basiert und damit auch die Rückverfolgbarkeit der gesammelten Kunststoffmengen, ihrer Herkunft und der getätigten Transaktionen und Prämien gewährleistet.

Unter Einführung eines neuen Qualitätsstandards für Rezyklate (DIN Spec 19446) wurden die zurückgewonnenen und recycelten Kunststoffabfälle schließlich über den digitalen Marktplatz von **Cirplus** auf dem Weltmarkt angeboten, wobei aufgrund der vollständigen Rückverfolgbarkeit den Käufern eine sozialverträgliche Rezyklat-Beschaffung garantiert werden kann. „Die Marken können das Rezyklat kaufen und wissen dann, dass beispielsweise Menge X an Kunststoffabfall in Gebiet Y gesammelt wurde und dass daran soundso viele Sammler beteiligt waren, die soundso viel dafür bezahlt bekommen haben und soundso viele Prämien erhalten haben“, illustriert Peter Nitschke. Im Ergebnis wurden 900 Haushalte, 22 Waste Banks und zwei Recycler zur Nutzung der digitalen Tools geschult und

um die 10 Tonnen Plastik im Rahmen des Projektes gesammelt und vermarktet.⁵⁰

Weitere vielversprechende Beispiele für integriertes Lieferkettenmanagement und Marktplatz-Anwendungen sind **Recykal** aus Indien (siehe Kasten) oder die App zum Handel mit recycelbaren Abfällen KOLEKT (siehe Interview mit Thierry Sanders).

Für Plastic Bank war die wichtigste Erkenntnis aus dem PREVENT-Projekt, dass vermehrt auf die bereits lokal existierenden informellen Strukturen aufgebaut werden muss: „Die Strukturen müssen einfach besser miteinander vernetzt werden, und darin sehen wir zukünftig auch verstärkt unsere Rolle. Für uns lohnt sich der Zeitaufwand nicht, für jeden neuen Standort eigene Waste Banks zu eröffnen. Stattdessen gehen wir jetzt verstärkt auf die lokalen Unternehmen direkt zu und bieten eine Zusammenarbeit an“, so Peter Nitschke.

50 PREVENT Waste Alliance (2023) (1)



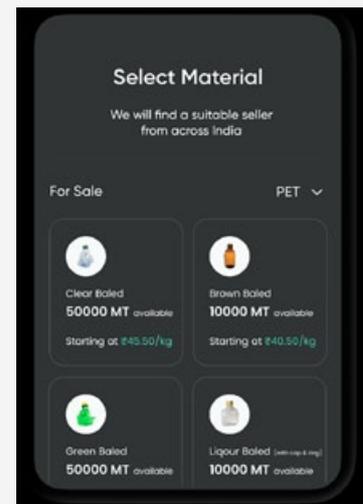
Nicht für, sondern mit den Abfallsammlern:
Bei der Entwicklung der App KOLEKT setzte Circular Action auf das Wissen und die Bedarfe der künftigen Nutzer.

INDIENS ONE-STOP-SHOP FÜR DEN ABFALL- UND RECYCLINGSEKTOR

Recykal, 2016 gegründet, beschreibt sich als Indiens erstes Waste-Commerce⁵¹-Unternehmen und bietet einen digitalen B2B-Marktplatz an, der landesweit Abfallerzeuger und -verarbeiter zusammenbringt. Das übergeordnete Ziel ist es, mehr Transparenz und Rückverfolgbarkeit im Abfall- und Recyclingsektor sicherzustellen und gleichzeitig Unternehmen zu unterstützen, ihren in Indien gesetzlich geregelten Verpflichtungen im Rahmen der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR) und Nachhaltigkeitsberichtspflichten nachzukommen.⁵²

Recykal bietet hierfür ein breites Angebot entlang der Kunststoff-Wertschöpfungskette an. Dazu zählen zum Beispiel ein Pfandsystem für Inverkehrbringer beziehungsweise Produktverkäufer mittels QR-Codes⁵³ oder smarte Lösungen für Sammelzentren, sogenannte Recykal Points. Deren digitale Ausstattung soll für mehr Planbarkeit sorgen und dadurch zur Schaffung von Jobs und damit zur Integration von Abfallsammlern beitragen. Die Grundlage hierfür bildet ein cloudbasiertes Software-as-a-Service-Modell, über das alle Stakeholder miteinander verbunden sind, um die Nachfrage und Verfügbarkeit von wiederverwertbaren Abfällen zu überwachen, Lagerbestände, Aufträge und Logistik zu steuern, Kunden und Partner in Datenbanken zu verwalten, Verkaufspreise zu vergleichen und digitale Zahlungen im Rahmen von Transaktionen zu tätigen und zu empfangen.⁵⁴

Angesichts der steigenden Nachfrage nach wiederverwertbaren Kunststoffen und des damit verbundenen erhöhten Betrugsrisikos bei Online-Transaktionen soll der App-basierte Recykal-Marketplace Qualität und Echtzeit-Verfolgung von Bestellungen garantieren. Zu diesem Zweck listet Recykal nur seriöse Verkäufer und Käufer im Marktplatzsystem auf, die es selbst verifiziert hat. Registrierte Käufer können dann die geprüften Angebote einsehen, Preise vergleichen und sich für den Kauf einer bestimmten Materialmenge entscheiden. Recykal-Vertreter prüfen dann das Material vor Ort, bevor es verladen und abtransportiert wird. Recykal wirbt damit, dass es die volle Verantwortung für die Qualität des Materials übernimmt, bis es den Käufer erreicht.⁵⁵



Quelle: Recykal (3)



Quelle: Recykal (4)

51 World Economic Forum (2023)

52 Erukala (2023)

53 Recykal (o. J.) (1)

54 Recykal (o. J.) (5)

55 Recykal (o. J.) (2)

DIGITAL SCHAFFT TRANSPARENZ UND VERTRAUEN

Der Einsatz digitaler Lösungen kann ein höheres Maß an Transparenz schaffen, was für Marken angesichts ihrer zunehmend kritischer beobachteten Lieferketten und des wachsenden Interesses an der Verwendung sozialverträglich recycelter Kunststoffe immer wichtiger wird. Gleiches gilt für den Nachweis der Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener EPR-Verpflichtungen in Bezug auf Sammel-, Recycling- und Wiederverwendungsquoten.

Die damit verbundene Wertsteigerung von Abfällen geht mit einem Bedarf an Zertifizierung einher, um Betrug auf verschiedenen Ebenen zu vermeiden und Vertrauen nachhaltig aufzubauen. Dies wiederum setzt gewisse Standards im Bereich des Monitorings, Reportings und der Verifizierung bei der Sammlung und dem Recycling von Abfällen voraus.

„Standards sind wenig wert, wenn sie nicht eingehalten werden. Gleichzeitig kostet die fortlaufende Dokumentation Zeit und somit auch viel Geld, das dem Abfall- und Recyclingsektor vielerorts fehlt“, merkt Joel Tasche kritisch an. Der Mitgründer und Geschäftsführer der Plattform **CleanHub** weiß, wovon er spricht, denn mit seinem Berliner Start-up unterstützt er Marken und Verbraucher dabei, ihren Plastikfußabdruck auszugleichen.

CleanHub arbeitet hierfür mit lokalen Sammel- und Recyclingpartnern in Indien, Indonesien, Kambodscha und Tansania zusammen. Durch den Einsatz einer eigens entwickelten Software will das Start-up nicht nur die Dokumentation erleichtern, sondern gleichzeitig sicherstellen, dass die laufende Erfassung der Massenbilanzen von Abfallströmen entlang der gesamten Logistikkette nachvollziehbar und präzise ist.

Hierfür werden während der gesamten Sammlung aus der Umwelt, anschließenden Sortierung und des weiteren Transports der Kunststoffabfälle von allen Beteiligten entsprechende Daten und Gewichtsnachweise per Foto in der CleanHub-App hochgeladen. Ein Echtzeit-Feed bildet die Daten ab, die in das Cleanhub-System eingehen und können über die Website des Start-ups in

einem Livedashboard eingesehen werden. Das schafft die notwendige Transparenz und somit auch Vertrauen bei den CleanHub-Kunden, die wiederum auf diese Weise über den digitalen Beleg verfügen, wie viel Kunststoff wann und wo für sie aus der Umwelt gesammelt und sachgemäß weiterverarbeitet beziehungsweise entsorgt wurde.

„Die gesammelten Daten, in unserem Fall Pixelwerte, müssen so in einen Kontext gestellt werden können, dass sie mit Daten von verschiedenen Zeitpunkten davor abgleichbar sind, um die Korrektheit sicherzustellen. Hier können zukünftig Machine Learning beziehungsweise Algorithmen eine noch wichtigere Rolle spielen, weil sie in der Lage sind, Abweichungen eigenständig zu erkennen“, erklärt Tasche. Hierdurch können Fehler erkannt und Betrug vermieden werden, indem es zum Beispiel schwerer ist, Abfälle doppelt zu verbuchen, obwohl sie nur einmal gesammelt wurden.

Hinsichtlich sozialer Aspekte, wie zum Beispiel der Gewährleistung von Arbeitsschutz oder fairer Bezahlung, warnt Tasche gleichzeitig davor, dass dies Technologie allein nicht lösen kann. Hierfür braucht es physische Social Audits direkt vor Ort. Es scheint also, dass bei Weitem noch nicht alles im digitalen Raum laufen kann und vielleicht besser auch nicht sollte.

Anreiz mit Durchblick

Die erhöhte Transparenz durch eine digitale Datensammlung und ihr übergeordneter Nutzen im Kampf gegen die Plastikmüll-Krise werden nicht von allen Unternehmen begrüßt. Skeptiker fürchten zusätzliche

Bürokratie und Abgaben im Rahmen weiterer Regulierungen. Daher gilt es umso mehr, auch die Perspektiven der Abfallsammler, Recycler und Aggregatoren zu berücksichtigen und die Vorteile, die sich durch digitalisierte Prozesse für ihr Geschäft ergeben.⁵⁶

Plattformen für das Lieferkettenmanagement, anhand derer Daten zentral abgebildet werden, bieten Herstellern, Inverkehrbringern und Recyclern wichtige Analysemöglichkeiten, um besser zu verstehen, wie sich ihre Stoffströme zusammensetzen, welche Trends sich bei bestimmten Materialien im Zeitverlauf abzeichnen und wie es um ihr Inventar steht. Das ist insbesondere nützlich für die Planung von Einnahmen und bei spezifischen Materialnachfragen – was vor allem der Fall ist, wenn eine direkte Verbindung zu Käufern oder dem globalen Rezyklatmarkt besteht und somit auch direkte Einsicht in Preisentwicklungen gewährleistet ist.⁵⁷

Die Möglichkeit zu erzielende Verkaufspreise oder Prämien für ihre gesammelten Abfallmengen einsehen und untereinander vergleichen zu können, macht die Nutzung von Apps für die Abfallsammler und den Kunststoffabfall-Handel äußerst attraktiv. Der Zugang zu aktuellen Informationen über die Lokalisierung oder für die direkte Beauftragung zur Einsammlung von Abfällen und die Anzeige der nächstgelegenen Abnehmer ermöglicht es ihnen außerdem, ihre Arbeit effizienter und effektiver zu gestalten. Das verbessert im Idealfall die Chance auf eine regelmäßige Einkommensmöglichkeit oder sogar faire Entlohnung, Gesundheits- und Bildungsleistungen,⁵⁸ insbesondere dort, wo digitale Lösungen an entsprechende Programme gekoppelt sind oder die allmähliche Integration des sogenannten „informellen Sektors“ zum Ziel haben. Hierfür sind allerdings Ansätze erforderlich, die eine Bezahlung nach Leistung und nicht nur nach gesammelter Menge ermöglichen, zum Beispiel basierend auf Zuschlägen unter Berücksichtigung der tatsächlich für die Sammlung aufgewendeten Zeit.

Zu viel des Guten?

„Die Vorteile digitaler Lösungen mögen zwar auf den

ersten Blick auf der Hand liegen und dazu beitragen, verbesserte Lebens- und Arbeitsbedingungen für Menschen in Schwellen- und Entwicklungsländern zu schaffen. Digitale Lösungen können zudem die Voraussetzungen für eine Kreislaufwirtschaft verbessern, indem sie beispielsweise Materialströme nachvollziehbar machen und Transparenz über das Einhalten von Berichtspflichten und Erreichen von Recyclingzielen schaffen. Im praktischen Tagesgeschäft können Abfallsammler zum Beispiel durch digitale Apps mit Produzenten verbunden werden und Anreize erhalten, Material mit geringem Wert zu sammeln. Aber nicht alle informellen Abfallsammler haben Zugang zu solchen digitalen Apps. Daher ist nicht das gesamte Multiversum der digitalen Angebote nützlich, und es muss darauf geachtet werden, dass durch die neuen Systeme niemand ausgeschlossen wird“, sagen Ellen Gunsilius, Fachplanerin für Umwelt und Kreislaufwirtschaft bei der **GIZ** und ihr Kollege Steffen Blume, Projektmanager zur Verringerung der Eintragung von Plastikmüll in die Weltmeere.

Sie sind in Abfall- und Kreislaufwirtschaftsprojekte in verschiedenen Ländern involviert und Teil der PREVENT Waste Alliance-Plastics-Arbeitsgruppe, in die sich auch viele digitale und zirkuläre Unternehmen einbringen. Diese zählte bereits über 20 nationale und internationale Abfallsammel-Apps, die allein in Indonesien auf dem Markt sind. Gunsilius und Blume leiten daraus einen Bedarf an Harmonisierung und Interoperabilität ab, weil andernfalls weiterer Fortschritt ausgebremst und Ressourcen für die immer gleichen Ansätze investiert würden.

Neben einer gewissen technischen Offenheit auf Programmiererebene der Apps⁵⁹ setzt dies vor allem den Willen der Marktteilnehmer zu einer Kooperation für den übergeordneten Zweck voraus. „Wenn Standards für digitale Lösungen und Datennutzung geschaffen werden, diese aktualisiert und Regierungen und Marktteilnehmern zugänglich gemacht werden, würde der Mehrwert vielleicht anerkannt, und sie könnten durch Effizienz- und Skalengewinne einen Beitrag zu verbesserten Umwelt- und Lebensbedingungen schaffen“, wagen Gunsilius und Blume vorsichtig abzusehen.

56 PREVENT Waste Alliance (2023) (2), S. 5

57 Vgl. Interviewaussagen Peter Nitschke, Plastic Bank, und Joel Tasche, CleanHub

58 Vgl. Plastic Bank (o. J.)

59 Circular Action (o. J.) (2)

INTERVIEW

Thierry Sanders, Geschäftsführer
von Circular Action B.v.,
über KOLEKT



Was hat Sie dazu motiviert, die KOLEKT-App zu entwickeln?

Während meiner Zeit auf Bali wurde ich Zeuge des großen Müllproblems. Nicht nur viele Ausländer wie ich, sondern auch Schulen, Unternehmen, Hotels und Restaurants haben Probleme, ihre Abfälle richtig zu entsorgen. In Ländern wie Vietnam, Indonesien, Brasilien und vielen anderen kommen nur etwa vier Müllsammler auf 1.000 Einwohner. Mit ihren Motorrädern und Wägen sind sie ständig auf der Suche nach kostbaren Wertstoffen auf den Straßen. Viele von ihnen verschwenden dabei nicht selten viel Zeit und Benzin. Schlussendlich hat mich das indonesische Taxisystem dazu inspiriert, mich mit den Müllersammlern zusammenzusetzen, um etwas gegen dieses Problem zu unternehmen.

Wie ist die Entwicklung der App vorstattengegangen?

Tatsächlich bot ich einem Müllsammler und seinen Kollegen Kaffee und Zigaretten an, um ihn zu fragen, ob er Interesse hätte, mir bei der Entwicklung einer App für die Abfallsammlung, ähnlich wie der Taxi-App, zu helfen. Wir arbeiteten also fünf Tage lang zusammen an Entwürfen, und einen Monat später hatte ich eine erste Pilotversion der App entwickelt, mit der er absolut nicht zufrieden war und sich über diverse Mängel beschwerte.

Dieses Feedback stellte sich als sehr hilfreich heraus. Ein Beispiel: Die Smartphones der Abfallsammler funktionieren oft schlechter, weil zum Beispiel die Kameras eine geringere Bildauflösung haben. Außerdem ist der Bildschirm wegen der starken Sonneneinstrahlung nicht sehr gut zu erkennen, weshalb ein entsprechender Kontrast für die Buchstaben notwendig ist. Hinzu kommt, dass viele Sammler nur über begrenzte Inter-

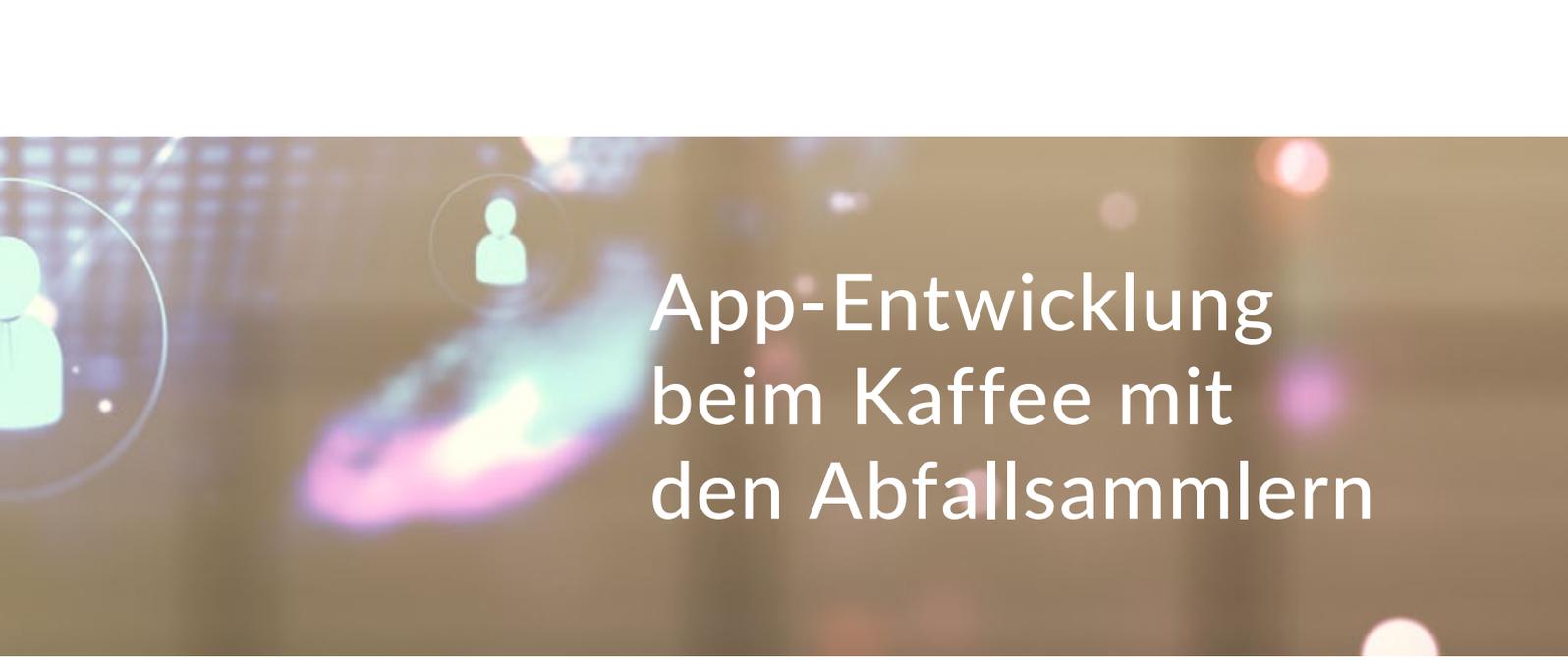
net-Datenpakete verfügen, oder nur einfache Mobiltelefone haben oder sogar überhaupt kein Handy. All dies muss sorgfältig bedacht werden.

Die Grundvoraussetzung für KOLEKT war also, für Menschen nutzbar zu sein, die weder ein Telefon noch ein Bankkonto haben und oft offline arbeiten müssen. Es geht um den kleinsten gemeinsamen Nenner. Die App ist sehr einfach konzipiert, es werden keine Handbücher benötigt, es gibt nur sehr wenig Text, und sie funktioniert auf Arabisch, Portugiesisch, Vietnamesisch und Indonesisch.

Was genau ist das Konzept hinter der App?

Ein sehr wichtiger Punkt ist, dass Apps, insbesondere für die Müllsammlung, nur dann wirklich gut genutzt werden, wenn es einen finanziellen Mehrwert für die Nutzer gibt. Denn die Müllsammler wissen genau, was sie tun und brauchen keine technische Unterstützung für ihre Arbeit. Sie haben ihre eigenen Netzwerke und kennen die Händler und ihre Preise, an die sie den gesammelten Abfall verkaufen können.

Die Möglichkeit allerdings, Kaufpreise verschiedener Abnehmer zu vergleichen, macht eine App interessant und forciert den Preiswettbewerb. Außerdem sind da noch die multinationalen Konsumgüterunternehmen, die nachweisen müssen, dass sie eine bestimmte Kunststoffmenge sammeln und entsorgen lassen haben. Und wenn dann Unternehmen, wie in unserem Fall Tetrapak, daran interessiert sind, weniger wertvolle Materialien sammeln zu lassen, braucht es entsprechende Sammelanreize für diese geringwertigen Abfälle. Um eine solche Subvention zu gewähren, muss sichergestellt



App-Entwicklung beim Kaffee mit den Abfallsammlern

sein, dass eine große Anzahl von Menschen bezahlt werden kann, die weder über ein Bankkonto noch über ein Mobiltelefon verfügen. Hier kommt also KOLEKT ins Spiel.

KOLEKT kombiniert alle drei Bedarfe. Erstens: Markt- platz für den Wertstoffhandel, zweitens: Monitoring und Nachweis für Unternehmen über die endgültige Abfallentsorgung und drittens: Anreize für die Liefer- kette durch Prämien oder Subventionen für Abfall- sammler ohne Bankkonto schaffen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Mission von KOLEKT darin besteht, den Kauf und Verkauf von wie- derverwertbaren Abfällen und die Bezahlung von Müll- sammlern zu vereinfachen, um ihnen somit ein Einkom- men über dem lokalen Mindestlohn zu ermöglichen.

Wie erfahren potenzielle Nutzer von der App?

Eigentlich ausschließlich über Mundpropaganda. Zunächst suchen wir nach einem Recycler, der die von uns gewünschten Wertstoffe verarbeiten kann. Dann schließen wir einen Vertrag mit ihm ab, und sobald wir den Vertrag haben, kennen wir den Ankaufspreis. Danach gehen wir eine Ebene tiefer zu den Material- komprimierungsunternehmen, die eine Ballenpresse haben, um sicherzustellen, dass die Transportkosten niedrig bleiben.

Wir fragen also nach den Kosten fürs Pressen und für die Lieferung an den Recycler. Und da sie uns dort nicht trauen, rufen sie erst den Recycler an, um zu prüfen, ob das Angebot wirklich stimmt. Nach der Bestätigung durch den Recycler wird der Vertrag unterschrieben.

Und dann gehen wir eine Ebene weiter zu den Sammel- stellen und erklären dort, dass der Materialkomprimie- rer bei ihnen Abfälle kaufen würde und dass sie den Standort über die KOLEKT-App finden könnten. Wir zeigen ihnen also den Mindest- und Höchstpreis auf der App und die unterschriebenen Papiere. Und dann rufen sie den Materialkomprimierer an, um sich zu ver- gewissern, dass alles stimmt.

Zum Schluss erklären wir ausführlich die Funktionen der App. Und wenn dann ein Müllsammler bei der Sam- melstelle ankommt, wird er dort per Gesichtserken- nung oder per OTP/SMS auf seinem Mobiltelefon registriert oder gefragt, ob er KOLEKT auf sein Mobil- telefon herunterladen kann, um die Verkaufstransak- tion abzuschließen.

Im Grunde genommen geht es darum, Zuverlässigkeit und Vertrauen zu schaffen, dass der Preis gezahlt wird, der auch im Vorhinein vereinbart wurde. Sobald aber jemand nicht mehr auftaucht oder sich die Preise ändern, fängt das Misstrauen an, und die ganze Kette fällt auseinander.

Wie registrieren sich die Müllsammler ohne Smart- phone oder Mobiltelefon bei KOLEKT?

Die Müllsammler werden registriert, wenn sie zum Ver- kauf kommen. Sollten sie kein Telefon haben, genügt ihr Gesicht in Kombination mit ihrem Namen, um ein Konto in unserer App mit dem Telefon des Käufers zu erstel- len. Der verkaufende Waste Picker wird also per Gesichtserkennung auf dem Telefon des Käufers bestä- tigt und erhält Bargeld für das verkaufte Material sowie Punkte zugeschrieben. Die angesammelten Punkte



Die KOLEKT App ist in verschiedenen Sprachen verfügbar und wird daher bereits in Ländern wie Indonesien, Brasilien, Vietnam oder Mosambik genutzt.

können dann über den Login des Waste Pickers in das Telefon des Käufers an einen Dritten übertragen werden, der den Wert der Punkte in Bargeld an ihn auszahlt.

Wie viele Personen nutzen die App bereits?

Die größte Nutzergruppe sind die Müllsammler. Was die Nutzeranzahl anbelangt, lässt sich eine Pyramidenstruktur erkennen: Am unteren Ende der Pyramide stehen die Müllsammler, dann die Sammelstellen oder Käufer, danach die Aggregatoren und schließlich die Recycler oder Exporteure.

Momentan zählt KOLEKT etwa 2.000 Nutzer, was nicht sonderlich viel scheint. Doch mit KOLEKT wurden bereits etwa 15.000 Transaktionen in den letzten zwölf Monaten durchgeführt mit einem Volumen von ca. 1.500 Kilo pro Transaktion.

Welche Art von Daten wird durch die App gesammelt? Und welchen Wert schreiben Sie den Daten zum Beispiel in Bezug auf die EPR-Berichterstattung zu?

Der Wert der Daten liegt in den Transaktionen und Ankaufsanzeigen, aber auch in der Möglichkeit, Betrug zu erkennen und zu verhindern. Über die App sammeln wir Fotos, GPS-Daten, Ver- und Ankaufsbestätigungen, Preise, Gewicht, Materialangaben. Das sind auch die

Daten, die die Wirtschaftsprüfer von Unternehmen sehen wollen und letztlich auch für die EPR-Berichterstattung am wichtigsten sind. Denn anhand der KOLEKT-Daten kann nachgewiesen werden, wie viele Tonnen Abfall an die Recycler geliefert wurden, wie die Recycler die Abfälle weiterverarbeitet haben und woher die Abfälle stammten.

Wie geht es weiter bei KOLEKT?

Ich denke, das Wichtigste ist, Konsumgüterherstellern zu verdeutlichen, dass die Sammlung von Verpackungsabfällen nur dann gesteigert werden kann, wenn sie händisch von den echten Experten, den Profis, was die Müllsammler sind, durchgeführt wird. Und die lassen sich nicht durch Abfallsammelfahrzeuge oder intelligente Mülltonnen ersetzen, sondern müssen fair bezahlt werden.

In Zukunft wollen wir auch Zertifikate, ähnlich zu Plastic Credits, als Sammel- und Recyclingnachweis für Konsumgüterunternehmen anbieten. Das würde bedeuten, dass Auditoren wie Control Union oder der TÜV unsere Systeme daraufhin überprüfen könnten, ob die Sammlung und das Recycling korrekt durchgeführt und ordnungsgemäß dokumentiert wurden. Kurz gesagt, unser Ziel ist es, uns zu einer Auditierungsplattform für Abfälle zu entwickeln.

Wie sich Datenlücken mit digitalen Tools schließen lassen

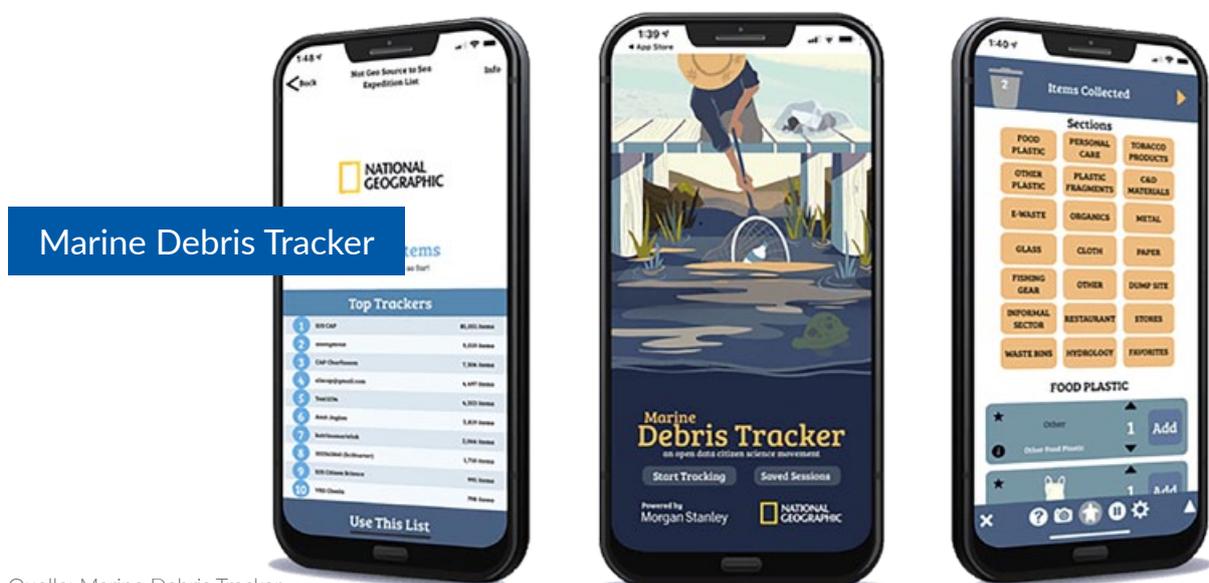
ZU LAND, WASSER UND IN DER LUFT

Welche Menge an Plastikabfällen befindet sich in der Umwelt und unseren Weltmeeren? Wo und wann wurden die Abfälle eingetragen? In welchen Regionen ballen sie sich besonders stark, und unter welchen Wetter- und Umweltbedingungen verteilen sie sich wie weiter? Antworten auf diese Fragen könnten maßgeblich dazu beitragen, die Ursprünge und ökologischen Folgen der Plastikkrise besser zu verstehen und möglicherweise sogar einzudämmen. Bislang klafft jedoch an dieser Stelle noch eine große Datenlücke, ganz zu schweigen von internationalen Monitoringstandards, die angesichts des globalen Ausmaßes der Krise eigentlich zwingend erforderlich wären.⁶⁰

Der Einsatz digitaler Technologien im Rahmen lokaler Probennahme- und Sammelaktionen (z. B. Beach Clean-ups), visueller Erfassungen (z. B. an Bord eines Fischerbootes) und Fernerkundung (z. B. durch Drohnen oder Flugzeuge) birgt dabei ein großes Potenzial, um das Ausmaß von Verschmutzung besser zu kartieren und zu quantifizieren, die Zusammensetzung von Abfällen zu bestimmen und ihre Verbreitungswege zu überwachen oder gar vorherzusagen. Voraussetzung: Viele Menschen müssen mitmachen beim Datensammeln.

Wenn aus Clean-up Citizen Science wird

Globale Statistiken über Meeresmüll zu erstellen und der Wissenschaft frei zugänglich zu machen – mit diesem Ziel ist die bekannte US-amerikanische Umweltingenieurin Jenna Jambeck 2010 bei der Entwicklung der **Marine Debris Tracker-App** angetreten. Auf Grundlage der über die App gesammelten Daten konnte Jambeck 2015 die vielfach zitierte Schätzung aufstellen, dass jedes Jahr mehr als acht Millionen Plastikteile ins Meer gelangen.⁶¹ Über die App wurden weltweit bereits knapp 7,5 Millio-



Quelle: Marine Debris Tracker

60 Interviewaussagen Tilman Floehr, everwave; Mattis Wolf, dfki; Steffen Blume und Ellen Gunsilius, GIZ; Vgl. Ostrowski (2021)

61 Ellen MacArthur Foundation (2022) (2)

nen Abfallstücke (Stand Juli 2023) gesammelt und dokumentiert⁶² bei einer weltweiten Nutzerzahl von rund 10.000 Citizen Scientists (Stand 2021)⁶³.

Die App listet eine Vielzahl von Kooperationspartnern aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Bildung auf, für die je nach Forschungsanliegen individuelle Abfall- und -materiallisten aufgeführt sind. Wählen App-Nutzer dann eine Liste aus, können sie die gesammelten Abfallgegenstände eintragen, wobei allerdings nicht zwingend ein Foto als Beleg notwendig ist. Um dem wissenschaftlichen Anspruch gerecht zu werden, bietet die App zusätzliche Funktionen an zur Sicherstellung der GPS-Genauigkeit für die Lokalisierung von Abfällen und zur Dokumentation der Wegstrecke, die bei der Sammlung abgelaufen wird. Diese Funktion soll in der Analyse darüber Aufschluss geben, wo und an welchen Stellen keine Abfallvorkommen aufgetreten sind. Im Anschluss werden die Daten dann direkt an die Online-Datenbank übermittelt, die von überall auf der Welt abgerufen und heruntergeladen werden kann.⁶⁴

2015 ins Leben gerufen, verfolgt die ebenfalls US-amerikanische und inzwischen in 135 Län-



Litterati-App

dern genutzte **Litterati-App** ein ähnliches Ziel: verstehen, weshalb in bestimmten Straßen, Parks oder Nachbarschaften besonders viel oder wenig Müll in der Umwelt liegt,

um mit Städten, gastronomischen Einrichtungen oder Marken Lösungen für lokale Müllprobleme zu entwickeln. So konnte auf Grundlage gesammelter Daten mit der App, über die bereits 19 Millionen Abfallstücke registriert wurden (Stand Juli 2023), unter anderem in San Francisco erfolgreich eine Zigarettensteuer eingeführt werden.

Dafür haben App-Nutzer mehr als 5.000 Zigarettenstummel gesammelt und dokumentiert, nachdem eine erste Steuereinführung an einer Klage großer Tabakkonzerne zunächst gescheitert war. Dank der aufgenommenen Fotos und Dokumentation des Sammelzeitpunkts, der Lokalisierung und Marke der Stummel konnte die Dringlichkeit für die Steuereinführung belegt werden und vor Gericht am Ende standhalten.⁶⁵

Neben dem Tracking von Abfällen bietet die App zudem Einblicke über die Menge weltweit gesammelter Abfälle durch die Litterati-Community und die Möglichkeit an, Sammelwettbewerbe unter den App-Nutzern zu organisieren oder sich an Forschungsaufträgen zu beteiligen.⁶⁶ Wie bei der Marine Debris Tracker-App gewährleistet Litterati ebenfalls freien Zugriff auf die Daten zu den gesammelten Abfalldaten, die monatlich aktualisiert und immer nur für ein Kalenderjahr eingesehen werden können.⁶⁷ Ein auf Städte zugeschnittenes Analyseprodukt im Rahmen des sogenannten City Fingerprint Projects soll zudem Entscheidungsträgern Rückschlüsse auf Abfallkonzentrationsgebiete, wie beispielsweise in Shoppingmeilen oder illegalen Mülldeponien, erlauben und somit die datenwissenschaftliche Grundlage zur Ableitung von effektiven Maßnahmen zur Abfallbekämpfung bieten. Für dieses Produkt kommt künstliche Intelligenz für die Auswertung der über die App gesammelten Bilddokumentationen zum Einsatz.⁶⁸

Einen zusätzlichen Fokus setzt das in London ansässige Sozialunternehmen **Unwaste.io Ltd.** Es hat sich zur Aufgabe gemacht, mit Kooperationspartnern in Kongo, Kenia, Malawi, Mosambik, Tansania, Uganda und Sam-

Quelle: Litterati

62 Marine Debris Tracker (o. J.) (1)

63 Marine Debris Tracker (2021)

64 Marine Debris Tracker (2020)

65 TED (2017)

66 Litterati (o. J.) (1)

67 Litterati (o. J.) (2)

68 Litterati (o. J.) (3)



Quelle: Unwaste

bia valide und robuste Daten über in der Umwelt aufgefundene Kunststoffflaschen zu sammeln und die dazugehörigen Marken zu dokumentieren. Hierfür erhalten die lokalen Partnerorganisationen ein entsprechendes Training, um im Zuge ihrer Aufklärungsarbeit und Clean-up-Aktionen zur Datensammlung und -verarbeitung sowie der Durchführung von Hintergrundrecherchen zu Produktdaten von Marken, Herstellern und Händlern beizutragen.⁶⁹

Die Grundlage hierfür bildet eine App, über die die Barcodes von Plastikflaschen gescannt und die entsprechenden Informationen hinterlegt werden: unter anderem Marke, Produktname, Gewicht, Hersteller. Auf die Daten kann frei über die **Wastebase DATA-Plattform** zugegriffen werden, wo entlang von Herstellern und

Marken gefiltert und beispielsweise Abfall-Hotspots eingesehen werden können.⁷⁰ Zudem geben monatliche Berichte Auskunft über die Top-5-Flaschenmarken, von denen die meisten aus der Umwelt in den Regionen der Kooperationspartner gesammelt wurden.⁷¹

Der Ansatz von Unwaste.io ist vielversprechend, weil die Datenbank lokalen Umweltaktivisten und NGOs solide Beweise liefert, um damit direkten Druck auf bestimmte Marken, die Industrie und Politik auszuüben und die Ableitung von Lösungsansätzen oder die wirksame Umsetzung von EPR-Maßnahmen einzufordern.⁷² In diesem Zusammenhang scheint eine Ausweitung von PET-Flaschen auch auf andere Verpackungsformen sinnvoll zu sein.

69 Unwaste.io (o. J.) (1)

70 Wastebase (o. J.)

71 Wastebase (2023)

72 Unwaste (2021)

Fernerkundung von Plastik-Emissionen

AUS DER VOGELPERSPEKTIVE

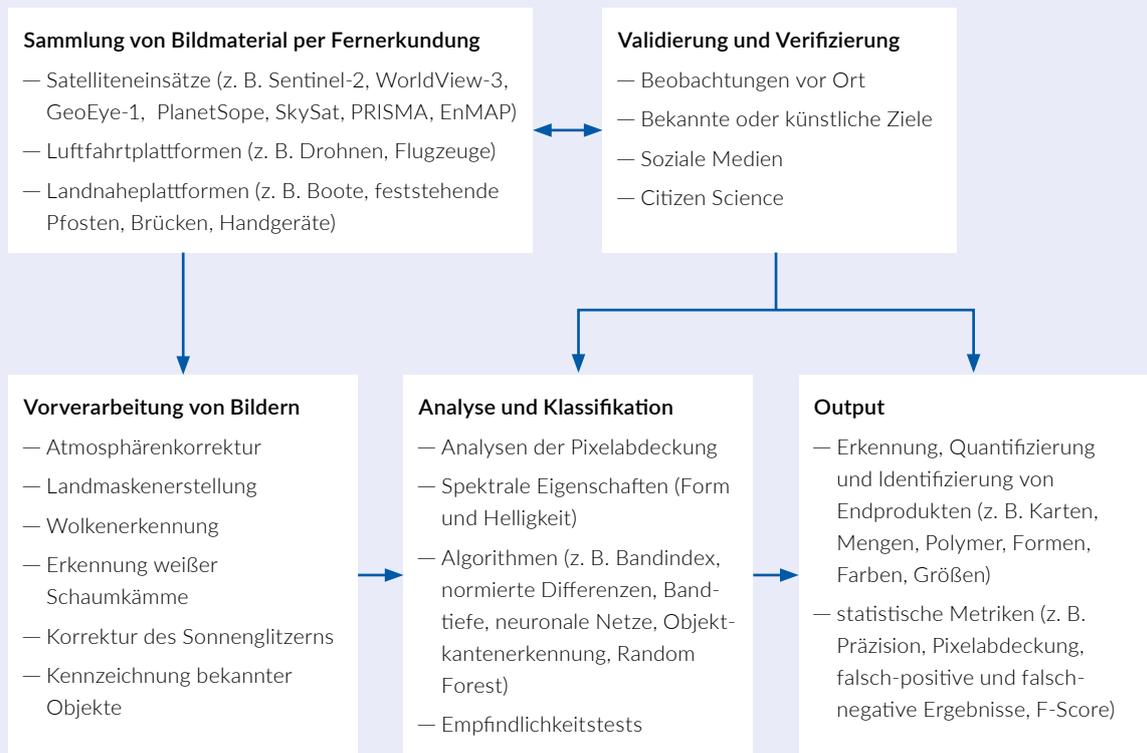
Obwohl digitale Tools die Dokumentation erheblich erleichtern, ist das Entfernen von Abfällen aus der Umwelt müßig und erfolgt meist manuell, oftmals nur punktuell und erfordert vor allem das Engagement von Einzelpersonen. Bedenkt man das riesige Ausmaß der Plastikkrise, bedarf es also auch ergänzender Ansätze bei der Beseitigung bereits eingetretener Verschmutzung.

Eine immer wichtigere Rolle spielt hierbei die Fernerkundung durch den Einsatz von Überwachungskameras, Flugzeugen und Drohnen sowie Satelliten, bei der die physikalischen Eigenschaften eines Areals durch die Messung der reflektierten und emittierten Strahlung aus der Ferne erfasst und untersucht werden.⁷³

KI als rechte Hand

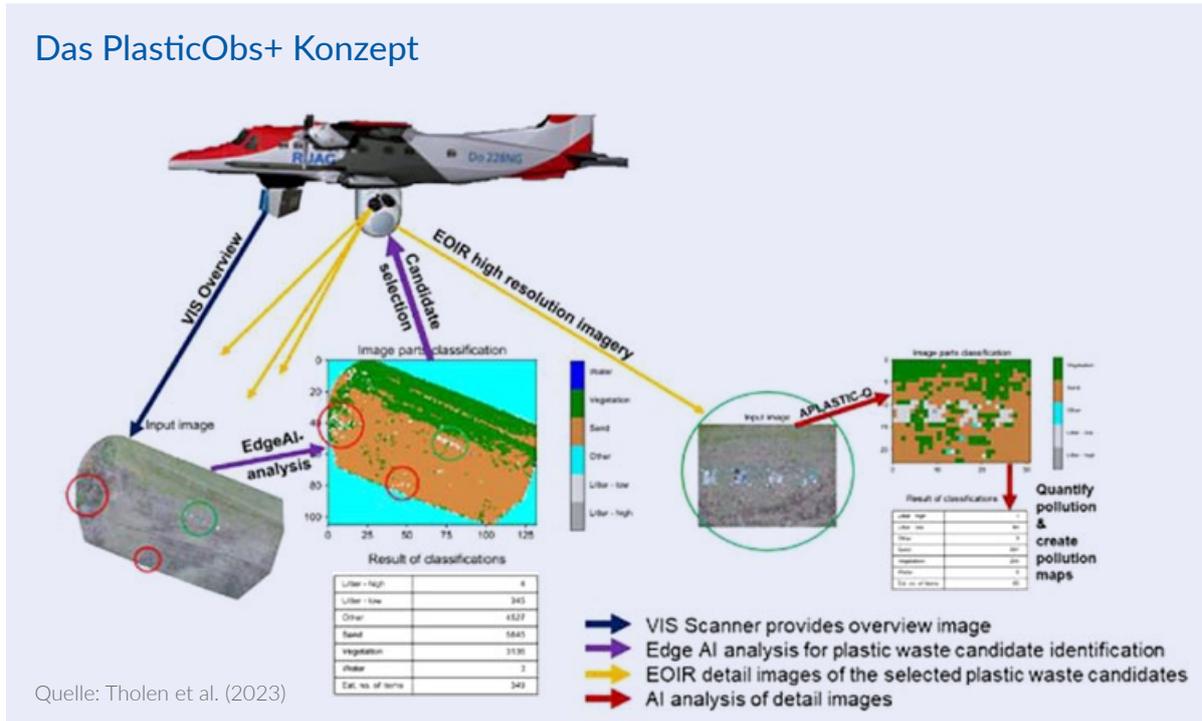
Ein Projekt, das es sich zum Ziel gemacht hat, mithilfe von Flugzeugen schwimmenden und angeschwemmten Plastikmüll aus der Luft aufzuspüren, um Rückschlüsse auf Ursprünge und Verbreitungswege zu ziehen, ist PlasticObs_plus. „Perspektivisch wollen wir ein System

Aufnahme, Analyse und Erkenntnisableitung aus Fernerkundungsbildern



Quelle: Übersetzt aus Blume et al. (2023), S. 19

Das PlasticObs+ Konzept



für das kontinuierliche Überfliegen von Küstenabschnitten und Flussmündungen entwickeln, um Veränderungen über die Zeit hinweg zu verfolgen. Hierfür greifen wir auf Flugzeuge zurück, die üblicherweise für die Erkennung von Ölverschmutzungen eingesetzt werden, entsprechend technisch ausgestattet und ohnehin schon in der Luft sind. Erste Feldversuche sind wir im November 2022 auf der Insel Spiekeroog geflogen“, erzählt Mattis Wolf, Wissenschaftler am **Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DKFI)** und neben Dr. Tilman Floehr, Technikchef und Mitgründer der deutschen Organisation **everwave**, Teil des Projektkonsortiums.

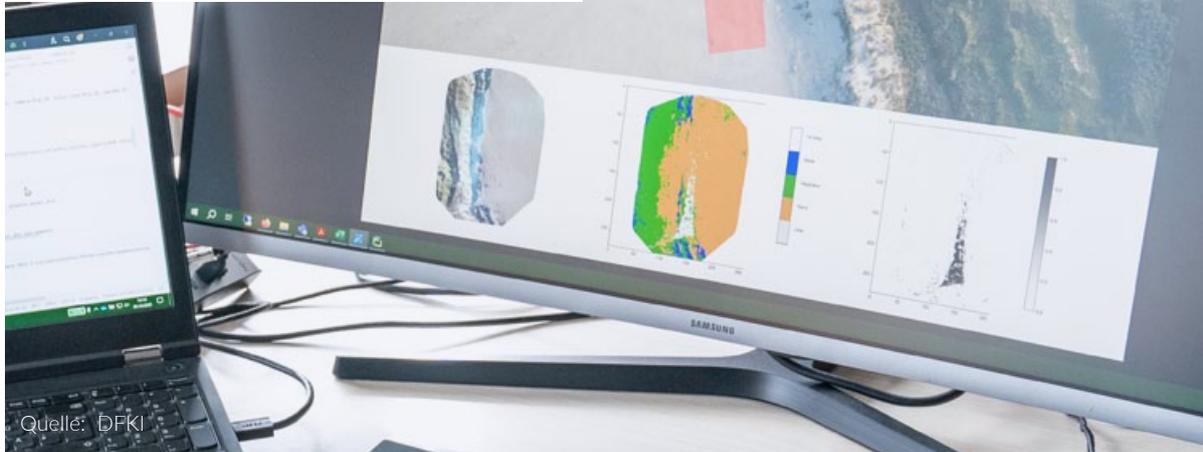
Für die Erhebung der Bilddaten kommen bei **PlasticObs_plus** deshalb Flugzeuge zum Einsatz, weil sie eine hohe räumliche Auflösung und die damit notwendige Datenqualität besser gewährleisten können. Satellitenaufnahmen können zwar ein größeres Areal abbilden, erreichen aber nicht den gleichen Detailgrad. Und Drohnen wiederum sind nur sehr stationär einsetzbar, müssen regelmäßig geladen und erst noch mit zusätzlicher Hardware ausgestattet werden.

Für die Detektion, Klassifizierung und Quantifizierung der Kunststoffabfälle wird künstliche Intelligenz genutzt, für die das DFKI als Gesamtprojektleitung eigens einen Algorithmus zur Analyse der Bilddaten

entwickelt. Abgesehen davon, dass die manuelle Auswertung von Daten sehr zeitaufwendig ist, zählt sich das regelmäßige Training der KI-Modelle aus. So konnte das DFKI bereits in einer Untersuchung nachweisen, dass sich künstliche Intelligenz in der Fernerkundung lohnt. Bei der Unterscheidung zwischen Bildern mit und ohne Plastikmüll lag die Genauigkeit der KI-Methodik mit 93,3 Prozent sogar über der von Menschen händisch erstellten mit 92,6 Prozent.⁷⁴

„Die Flugzeuge sind mit verschiedenen optischen Sensorsystemen ausgestattet. Nah-Infrarot kann beispielsweise dazu beitragen, aus der Entfernung den Unterschied zwischen Wasser und tatsächlichem Treibgut zu erkennen, da sich in diesem Spektralkanal die Absorptionscharakteristik für Wasser maßgeblich unterscheidet“, erklärt Wolf. Nachdem in einem ersten Schritt mittels eines Sensors mit einem breiten Öffnungswinkel und geringerer Auflösung zunächst potenzielle Müllteppiche durch die KI-Analyse ermittelt wurden, wird anschließend mit einem zweiten Sensor in die entsprechenden Hotspots hineingezoomt. „Die hochauflösenden Bilddaten werden dann durch ein weiteres KI-System ausgewertet. Diese Informationen geben Auskunft über die Art, Menge und Zusammensetzung des Plastikmülls. Sie sind für die anschließenden Clean-ups zur Entfernung der Abfälle besonders wichtig“, so Wolf zur Datenverarbeitung.

Zur Auswertung von Bilddaten für die Plastikmülldetektion und -klassifizierung in Küstengebieten kommt im Projekt PlasticObs_plus künstliche Intelligenz zum Einsatz.



Everwave kann dann vor Ort tätig werden, zum Beispiel mit den eigenen Abfallsammelbooten als Teil der von der Organisation eingesetzten Clean-up-Technologien. Floehr ist von der Zusammenarbeit mit dem DFKI und dem Mehrwert der Daten überzeugt: „Perspektivisch ein System zur Verfügung zu haben, das so großflächig arbeitet, vermittelt uns ein besseres Verständnis darüber, wo und wann wir tätig werden müssen. Und es gibt uns natürlich mehr Planungssicherheit, da wir vorab genau abschätzen können, welche Logistik wir für unsere Boote und den gesammelten Abfall benötigen. Das spart nicht nur Zeit, sondern vor allem auch Kosten. Gleichzeitig können wir durch die Auswertung des von uns gesammelten Materials dem DFKI gegenüber validieren und verifizieren, ob die KI-Analyse richtiglag, was wiederum die Aussagekraft des Systems stärkt.“

Gemeinsame Standards für mehr Aussagekraft

Projekte wie PlasticObs_plus sind vielversprechend, wenn es darum geht, lokalen Umweltprojekten, Regierungen oder Behörden Informationen über die Verbreitungswege, Quellen und Akkumulationsgebiete bereitzustellen, die für die Ableitung und Implementierung von Maßnahmen zur Verhinderung der Verbreitung beziehungsweise Eintragung von Abfällen in die Umwelt nötig sind. „In Verbindung mit Wetterdaten oder Angaben zu Fließgeschwindigkeiten von Gewässern können Eintrittspfade identifiziert sowie Vorhersagen über die räumliche und zeitliche Verteilung von Plastik gegeben oder saisonale Unterschiede beobach-

tet werden. Auch zur Überwachung von Verboten würde die Methodik nützlich sein, indem ein regelmäßiges Monitoring Auskunft darüber geben würde, ob beispielsweise nach der Einführung eines Plastiktütenverbots tatsächlich auch weniger Tüten als vorher im Wasser schwimmen“, schildert Floehr einige der Einsatzmöglichkeiten.

Um die Einsatzmöglichkeiten und generierten Daten aus Fernerkundungsmethoden für das Monitoring von Kunststoffen in der Umwelt bestmöglich überregional nutzbar zu machen, mahnt Floehr die aus seiner Sicht zwingende Vereinheitlichung von Methoden an: „Experten aus Wissenschaft, Industrie, Zivilgesellschaft, staatlichen Stellen und Luft- und Raumfahrt müssen viel enger miteinander kooperieren, um Mindeststandards für eine bessere Vergleichbarkeit von Daten zu schaffen. Denn ohne eine Vergleichsgrundlage sind die Daten nicht so viel wert, wie sie es eigentlich sein könnten. Wenn wir dorthin kämen, könnte man Daten von Satelliten mit denen von Drohnen oder von Flugzeugen und sogar mit denen von Handys vergleichen und würde so eine viel größere Aussagekraft erzielen.“

Dass dies bisher noch eine der größten Herausforderungen darstellt, bestätigte zuletzt auch die Studie „Advances in Remote Sensing of Plastic Waste“ der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) und beklagt zugleich den Umstand, dass bei Forschungsprojekten und Untersuchungen oft sehr unterschiedli-

che Metriken zur Erkennung, Klassifizierung und Quantifizierung von Abfällen zum Einsatz kommen.⁷⁵ „An der Interoperabilität unterschiedlicher Datenquellen arbeiten wir zum Beispiel bereits mit der PREVENT Waste Alliance“, erzählt Floehr in diesem Kontext

Aufgrund der positiven Resonanz aus internationalen Projekten plädiert Wolf auch dafür, dass beispielsweise

Algorithmen frei verfügbar gemacht werden (Open Source), damit bewährte Datenauswertungsmethoden möglichst breit Anwendung finden. Gleiches gilt für die Gewährleistung eines möglichst freien Zugangs zu den erhobenen Daten und den daraus gewonnenen Erkenntnissen. Denn nur so können sie ihren Zweck bestmöglich erfüllen: genutzt zu werden, um die Plastikkrise einzudämmen.

75 Vgl. Blume et al. (2023), S. 39

ALLES IM BLICK

2021 in Kooperation zwischen der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), der Universität Leeds, dem Schweizer Wasserforschungsinstitut (Eawag) und der NGO Wasteware entwickelt, kam das Waste Flow Diagram (WFD) bereits bei über 100 Städten zum Einsatz, um Schätzungen über Abfallmengen zu erzielen, die in die Umwelt gelangen, und anhand von Szenarien das lokale Wastemanagement zu verbessern.⁷⁶

Der datengesteuerte Ansatz des Tools dient insgesamt vier übergeordneten Zwecken:⁷⁷

- Schätzung der Mengen an Plastik, die in die Umwelt gelangt,
- Konzeption von Abfallprojekten, insbesondere zur Vermeidung von Gewässerverschmutzung,
- Überwachung der Wirksamkeit von Interventionen im Abfallmanagement,
- Unterstützung bei der Entscheidungsfindung zur Planung bzw. Verbesserung der kommunalen Abfallwirtschaft.

Für die zugrunde liegende Materialflussanalyse wird auf Primär- und Sekundärdaten, Beobachtungen und Befragungen entlang der verschiedenen Ebenen der kommunalen Abfallwirtschaft zurückgegriffen: Abfallerzeugung, -sammlung, -transport, -verarbeitung und -entsorgung.⁷⁸

Das WFD bildet im Ergebnis die Gesamtmenge an unkontrollierten Kunststoffabfällen, die unterschiedlichen Quellen und Lecks als Ursache für Eintragung von Abfällen in die Umwelt und den Endverbleib in der Umwelt ab. Zudem ermöglicht das Tool den Vergleich zwischen Kommunen und fördert somit den Wettbewerb zwischen Städten um ein verbessertes und damit umweltschützendes Abfallmanagement.⁷⁹

10 76 Whiteman, Andrew et al. (2023), S. 6

77 Waste Flow Diagram (o. J.)

78 Whiteman et al. (2023), S. 6

79 Ebd. S. 8

A person's hands are holding a white smartphone. A futuristic digital overlay is centered on the camera lens, featuring a circular grid of dots and glowing blue light rays emanating from the lens. The background is a soft-focus image of a person's face.

VON FLUCH UND SEGEN

Ein Zwischenfazit



DIE DIGITALE RESSOURCENWENDE BRAUCHT EINE BELASTBARE INFRASTRUKTUR

Ob die digitale Transformation im Kampf gegen sozioökologische Krisen hilft oder diese sogar verstärkt und beschleunigt, ist noch nicht ausgemacht. So wie künstliche Intelligenz sowohl eine Gefahr als auch eine Chance für die Wissensgesellschaft sein kann, so kann der digitale Fortschritt auch die Ressourcenwende unterstützen – oder sie massiv behindern.

Die Ambivalenz liegt auf der Hand: Produktivitätssteigerungen durch digitale Technologien verleihen zunächst einmal dem klassischen, wachstumsgetriebenen Wirtschaftsmodell einen zusätzlichen Schub. Ob es gelingt, sie auch zu einem mächtigen Werkzeug auf dem Weg zu einer nachhaltigen Ökonomie zu formen, hängt zum einen von politischen Rahmenbedingungen und zum anderen von der Bereitschaft zur Co-Kreation aller Beteiligten ab.

Nicht umsonst hat das Bundesumweltministerium bereits Anfang 2020 eine umweltpolitische Digitalagenda⁸⁰ vorgestellt. In dieser Strategie geht es zwar auch um den Ressourcenverbrauch durch die Digitalisierung selbst. Immerhin wird die Digitalbranche schon bald mehr Treibhausgase emittieren als der gesamte Autoverkehr. Aber die insgesamt 70 vorgeschlagenen Maßnahmen in dem Ministeriumspapier beschäftigen sich ebenso mit den Wechselwirkungen zwischen Technologie, Ökologie und Gesellschaft.

Auch in den Expertengesprächen, die wir für diesen POLYPROBLEM-Report geführt haben, kam eine Kernaussage immer wieder zum Vorschein: Die „gute“ Digitalisierung – jene also, die einen schonenden Umgang mit Ressourcen unterstützt, ist keine Frage der Technologie. Umso mehr geht es um Haltung.

Werden Unternehmen bereit sein, Daten miteinander zu teilen, um Produkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette umweltfreundlicher zu planen, zu designen, zu produzieren, zu verkaufen und zu recyceln? Wird es möglich sein, dafür auf gemeinsame

Daten-Infrastrukturen zurückzugreifen und sich derweil trotzdem im Wettbewerb zu differenzieren?

Technologisch eigentlich kein Problem, sagen die meisten Experten. Wirtschaftlich schon eher, denn es ist noch immer schwer, mit Nachhaltigkeit Geld zu verdienen. Wer also bezahlt und betreibt digitale Infrastrukturen, die nicht auf mehr Produktivität, sondern auf ressourcenschonendes Wirtschaften ausgelegt sind?

An dieser Stelle kommt die Politik ins Spiel. Sie kann und sollte Anreize schaffen, auch dort digitale Infrastrukturen für mehr Nachhaltigkeit als ein Gemeingut zu etablieren, wo es noch keine tragfähigen Geschäftsmodelle gibt. Das gilt beispielsweise bei Investitionen in den digitalen Fortschritt im Bereich der Abfallwirtschaft und des Recyclings, aber auch beim Aufbau einer Mehrweg-Kultur als neue Normalität.

Auch die Entwickler und Anbieter digitaler Lösungsansätze sind zu kooperativem Handeln aufgefordert, wenn der technologische Wandel der Ressourcenwende den erhofften Schub geben soll. Es gilt an vielen Stellen, sich auf übergreifende Standards zu einigen, um die zum Teil bemerkenswerten Entwicklungen intelligent miteinander zu verbinden. Eine gemeinsame Architektur anstelle von Insellösungen – diese Forderung tauchte im Verlauf der Recherchen immer wieder auf.

Kein überraschender Befund, wenn man bedenkt, dass Kreislaufwirtschaft nur im Zusammenwirken aller Glieder der Wertschöpfungskette gelingen kann.

80 https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Digitalisierung/digitalagenda_bf.pdf

POLY PROBLEM

POLYPROBLEM: Wissen. Transparenz. Kooperation

POLYPROBLEM ist eine gemeinsame Initiative der gemeinnützigen Röchling Stiftung und des Beratungsunternehmens Wider Sense. Unter dem gleichnamigen Titel veröffentlichten die Initiatoren 2019 eine Studie, die zu dem ernüchternden Ergebnis kam, dass trotz des regen öffentlichen Interesses für die fortschreitende Umweltbelastung durch Plastikmüll eine globale Agenda weiterhin nicht in Sicht ist. Hinzu kommt, dass es nur wenige Angebote gibt, die kontinuierlich, umfassend und wissenschaftlich fundiert zu diesem Thema informieren.

In Zusammenarbeit mit Unternehmen, Stiftungen, NGOs, der Wissenschaft und Politik soll unter dem Dach von POLYPROBLEM diese Lücke geschlossen und die besten Innovationen für eine plastikabfallfreie Umwelt gefördert werden.

Zweimal jährlich veröffentlicht POLYPROBLEM gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis Reports zu den neusten Entwicklungen und drängendsten Fragen rund um das Thema „Kunststoff und Umwelt“. Ziel soll es sein, mehr Klarheit, Transparenz und Orientierung in unübersichtlichen Aktionsfeldern zu bieten, aber auch zu verblüffenden Fakten oder über bisher unbeleuchtete Aspekte zu informieren.

www.polyproblem.org



Die Röchling Stiftung widmet sich konzentriert dem Thema Kunststoff und Umwelt. Sie unterstützt sowohl Forschungsprojekte als auch zivilgesellschaftliche Initiativen, die zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Kunststoffen im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beitragen. Die Röchling Stiftung sieht sich dabei nicht als reiner Förderpartner, sondern ist vor allem interessiert am Aufbau neuer sektorenübergreifender Kooperationen und Netzwerke.

Wie mit diesem Themenkompass initiiert die Stiftung auch eigene Aktivitäten, die zu einem ganzheitlichen Verständnis und zu integrierten Lösungen der globalen Herausforderung Kunststoff und Umwelt beitragen.

Die Röchling Stiftung wurde 1990 von der Unternehmerfamilie Röchling errichtet. Die Familie ist auch Eigentümerin der Unternehmensgruppe Röchling, die zu den international führenden Anbietern von Hochleistungs-Kunststoffen für die Automobiltechnik, Industrieanwendungen und Medizintechnik zählt.

www.roechling-stiftung.de
info@roechling-stiftung.de



Mit maßgeschneiderter Beratung, von der Recherche über die Strategie bis hin zur Implementierung, unterstützt WIDER SENSE Unternehmen und Stiftungen dabei, sozialen Wandel wirkungsvoll zu gestalten. Seit Mai 2015 ist WIDER SENSE zudem eine zertifizierte B-Corporation. In den letzten Jahren hat WIDER SENSE Fachwissen in den Bereichen CSR, Philanthropie und Sozialinvestitionen generiert und ein globales Netzwerk von strategischen Partnern aufgebaut. Mit seiner internationalen Reichweite und seinem multidisziplinären Team hat WIDER SENSE mit mehr als 100 Kunden an Projekten in über 30 Ländern zusammengearbeitet, welche direkten Einfluss auf Fonds für sozialen Wandel in einer Höhe von mehr als 100 Mio. EUR haben.

<https://widersense.org>
info@widersense.org

LINKS ZU GENANNTEN ORGANISATIONEN

Organisation	Abk.	Link
Alliance to End Plastic Waste		https://endplasticwaste.org/
Ampliphi		https://ampliphi.io/
Berliner Stadtreinigung	BSR	https://www.bsr.de/
Bin-e		https://www.bine.world/
Bower		https://getbower.com/
BVRio		https://www.bvrrio.org/
Circular Action Hub		https://www.circularactionhub.org/
Cirplus		https://www.cirplus.com/
circularise		https://www.circularise.com/
CleanHub		https://www.cleanhub.com/
Cm carbon minds		https://www.carbon-minds.com/
Cyrkl		https://cyrkl.com/de
dm Drogeriemärkte		https://www.dm.de/
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz	DFKI	https://www.dfki.de/
Duitin		https://duitin.id/
Ecoinvent		https://ecoinvent.org/
EcoNation		https://econation.me/
Ellen MacArthur Foundation		https://ellenmacarthurfoundation.org
European Brands Association	AIM	https://www.aim.be/
everwave		https://everwave.de/
German Institute of Development and Sustainability	IDOS	https://www.idos-research.de/
Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	GIZ	https://www.giz.de/de/
Grüner Punkt		https://www.gruener-punkt.de/
Henkel		https://www.henkel.de/
Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik, Leibniz Universität Hannover		https://www.ikk.uni-hannover.de/
Ishitva Robotic Systems		https://ishitva.in/
Kunststoff Forschungszentrum SKZ		https://www.skz.de/
Küste gegen Plastik e. V./ReplacePlastic		https://app.replaceplastic.de/
Litterati		https://www.litterati.org/
Marine Debris Tracker		https://debristracker.org/
My little Plastic Footprint		https://www.mylittleplasticfootprint.org/
Octopus		https://octopus.co.id/id
Pakam		https://www.pakam.ng/
Plastic Bank		https://plasticbank.com
Polysecure		https://www.polysecure.eu
PREVENT Waste Alliance		https://prevent-waste.net/en/
ProData GmbH / R-Cycle		https://www.r-cycle.org/
RecycleMich		https://www.recyclemich.at/
Reciclos		https://www.reciclos.com/en/
Recup		https://recup.de/
recyda		https://www.recyda.com/
Recykal		https://recykal.com/

Organisation	Abk.	Link
ReDo		https://redo-please.com/das-projekt
Refrastucture		https://refrastructure.org/
Resourcify		https://www.resourcify.com/de/
SAP		https://www.sap.com/
Saubermacher Dienstleistung AG		https://saubermacher.at/
Scrapp		https://www.scrapprecycling.com/
Sphera		https://sphera.com/
Umweltbundesamt		https://www.umweltbundesamt.de/
Unwaste.io LTD		https://www.unwaste.io/
Veca		https://www.veca.app/home
Vytal		https://www.vytal.org/
Wastebase		https://wastebase.org/
Waste4Change		https://waste4change.com/

QUELLENVERZEICHNIS

- Ampliphi (2022). Future Proofing ECOS's Plastic Action Strategy. <https://ampliphi.io/future-proofing-ecos-plastic-action-strategy/> (abgerufen am 26.09.2023)
- Blume, Steffen; Franke, Jonas; Garab, Shungu et al. (2023). Advances in remote sensing of plastic waste. <https://www.giz.de/en/downloads/giz-2023-en-advances-in-remote-sensing-of-plastic-waste.pdf> (abgerufen am 02.09.2023)
- Bin-e (o. J.). How it works. <https://bine.world/#how-it-works> (abgerufen am 21.09.2023)
- BSR (2020). Geschäftsbericht. <https://geschaeftsbericht.bsr.de/2020/vernetzte-stadt.html> (abgerufen am 02.09.2023)
- BSR (2021). Geschäftsbericht. <https://geschaeftsbericht.bsr.de/2021/lebensqualität/> (abgerufen am 02.09.2023)
- BSR (2023). Das Magazin der Berliner Stadtreinigung – 01/23. https://www.bsr.de/assets/downloads/230327_BSR_Das_Magazin_01-23_5mb_bf.pdf
- Circular Action (o. J.) (1). Features. Kolekt. <https://circular-action.com/features> (02.09.2023)
- Circular Action (o. J.) (2). For Business. Kolekt. <https://circular-action.com/forbusiness> (02.09.2023)
- Cyrkl (o. J.). Marktplatz. Kategorie Kunststoffe. <https://cyrkl.com/de/marktplatz?categories=plastic> (abgerufen am 21.09.2023)
- Duda, Sebastian; Fischer-Brandies, Leopold; Guggenberger, Dr. Tobias et al. (2023). Lebensmittelindustrie 4.0 – Auswirkungen der Machine Economy auf die Lebensmittelindustrie der Zukunft. Fraunhofer FIT Institutsteil Wirtschaftsinformatik. <https://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/wirtschaftsinformatik/dokumente/Lebensmittelindustrie-4-0.pdf> (abgerufen am 26.09.2023)
- Duitin (o. J.) (1). Duitin. <https://duitin.id/> (abgerufen am 21.09.2023)
- Duitin (o. J.) (2). Company Solution. <https://duitin.id/company-solution> (abgerufen am 02.09.2023)
- Duitin (o. J.) (3). FAQ. <https://duitin.id/faq> (abgerufen am 02.09.2023)
- Duitin (o. J.) (4). Individual Solution. <https://duitin.id/individual-solution> (abgerufen am 02.09.2023)
- Ellen MacArthur Foundation (2022). Global Commitment. Progress Report. Packaging producers and users. <https://gc-22.emf.org/ppu/> (abgerufen am 26.09.2023)
- Ellen MacArthur Foundation (2022). Jenna Jambeck. <https://www.macfound.org/fellows/class-of-2022/jenna-jambeck#searchresults> (abgerufen am 02.09.2023)
- EU-Recycling Magazin (2021). Der Cyrkl Marktplatz bringt Abfallerzeuger und Recycler zusammen. <https://eu-recycling.com/Archive/31163> (abgerufen am 02.09.2023)
- Erukala, Sandeep (2023). Recykal: Helping waste recyclers using technology. <https://telanganatoday.com/recykal-helping-waste-recyclers-using-technology> (abgerufen am 02.09.2023)
- ETH Zürich – sus lab (2020). Baseline Packaging in Retail. Project Overview. <https://www.suslab.ch/baselining-packaging-in-retail> (abgerufen am 26.09.2023)
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2022). Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2464> (abgerufen am 02.09.2023)
- Goldschald, Eva (2021). Der Abfall wird digital. <https://smartcities.at/wp-content/uploads/sites/3/GG-3.21-lay4.pdf> (abgerufen am 02.09.2023)
- Google Play (o. J.). EcoNation App. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thefortunateplanet.fortunateplanetapp&hl=gs&gl=US> (abgerufen am 20.09.2023)
- Hoffmann, David; Franz, Ruben; Hawlitschek, Florian et al. (2021). Smart Bins: Fallstudienbasierte Bewertung der Nutzenpotenziale von Füllstandssensoren in intelligenten Abfallbehältern. <https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-021-00778-0> (abgerufen am 02.09.2023)
- Ishitva (o. J.). Smart Bin. <https://www.ishitva.in/smartbin.html> (abgerufen am 02.09.2023)

- Joshi, Aasavari (2022). Smart Cities and IoT: The Future of Waste Management. <https://www.circularinnovationlab.com/post/smart-cities-and-iot-the-future-of-waste-management> (abgerufen am 02.09.2023)
- Kimberly-Clark Softex (2021). Kimberly-Clark Softex to Increase its Collection of used Diapers through Partnership with Octopus as it Expands its Recycling Efforts in Indonesia. <https://www.softexindonesia.com/news/kimberly-clark-softex-to-increase-its-collection-of-used-diapers-through-a-partnership-with-octopus-as-it-expands-its-recycling-efforts-in-indonesia> (abgerufen am 02.09.2023)
- Kunststoff Magazin (2022). Müllsünden. Wie Fehlwürfe das Recycling behindern. <https://www.kunststoff-magazin.de/zerkleinerung-recycling/gelbe-tonne-oder-gelber-sack-wie-fehlwuerfe-das-recycling-behindern.htm> (abgerufen am 24.07.2023)
- Litterati (o. J.) (1). Getting Started. <https://www.litterati.org/getting-started> (abgerufen am 02.09.2023)
- Litterati (o. J.) (2). Open Litter Data Explorer. <https://litterati.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7d11fdadf13f4aa183d726a488ef8007> (abgerufen am 02.09.2023)
- Litterati (o. J.) (3). The City Fingerprint Project. <https://www.litterati.org/the-city-fingerprint-project> (abgerufen am 02.09.2023)
- Marine Debris Tracker (o. J.). Marine Debris Tracker. <https://debristracker.org/> (abgerufen am 02.09.2023)
- Marine Debris Tracker (2020). Getting Started with Debris Tracker. <https://www.youtube.com/watch?v=LzobdbAckws> (abgerufen am 02.09.2023)
- Marine Debris Tracker (2021). The Debris Tracker Story. <https://debristracker.org/blog-posts/the-debris-tracker-story/> (abgerufen am 02.09.2023)
- Mülltrennung-wirkt (2020). Wissenslücken über richtige Mülltrennung. https://www.muelltrennung-wirkt.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Studien_und_Umfragen/Wissen_ueber_Muelltrennung/201214_ds_PR_Infografiken_werblich_Wissensluecken.pdf (abgerufen am 24.07.2023)
- My Little Plastic Footprint (o. J.). Start reducing your plastic footprint. <https://www.mylittleplasticfootprint.org/> (abgerufen am 20.09.2023)
- Octopus (o. J.) (1). For Business. <https://www.octopus.co.id/id/page/program> (abgerufen am 02.09.2023)
- Ostrowski, Adam (2021). Globale Plastikverschmutzung der Ozeane – Folgen für das marine Ökosystem und wie das Problem nachhaltig behandelt werden kann. https://www.researchgate.net/publication/351250163_Globale_Plastikverschmutzung_der_Ozeane_-_Folgen_fur_das_marine_Okosystem_und_wie_das_Problem_nachhaltig_behandelt_werden_kann (abgerufen am 02.09.2023)
- Ott, Vivienne (2023). BSR intelligente Abfallwirtschaft. <https://prezi.com/p/7cinldlyb0ho/bsr-intelligente-abfallwirtschaft/> (abgerufen am 02.09.2023)
- Pakam (o. J.). Products. <https://www.pakam.ng/products?tab=0> (abgerufen am 02.09.2023)
- Plastic Bank (o. J.). About. <https://plasticbank.com/about> (abgerufen am 02.09.2023)
- POLYPROBLEM (2019). Kunststoff und Umwelt. Interview mit Jürgen Bertling von Fraunhofer UMSICHT. <https://polyproblem.org/wp-content/uploads/2020/04/Polyproblem-%E2%80%93-Der-Abfall-der-Anderen.pdf> (abgerufen am 26.09.2023)
- POLYPROBLEM (2020). Der Abfall der Anderen. Interview mit Sascha Roth vom Naturschutzbund Deutschland. <https://polyproblem.org/wp-content/uploads/2020/04/Polyproblem-%E2%80%93-Der-Abfall-der-Anderen.pdf> (abgerufen am 26.09.2023)
- PREVENT Waste Alliance (2023) (1). Creating Value in Plastics Through Digital Technology. https://prevent-waste.net/wp-content/uploads/2023/07/Factsheet_Pilot-project-Indonesia_Creating-Value-in-Plastics-through-Digital-Technology_2023-06.pdf
- PREVENT Waste Alliance (2023) (2). Digitalization for a Circular Economy - Summary notes of a practitioners' exchange about digital circular solutions. https://prevent-waste.net/wp-content/uploads/2023/05/Summary_PREVENT_digital_exchange_extern_fin.pdf
- PREVENT Waste Alliance (2023) (3). Discussion Paper. Corporate Plastic Waste Disclosures: Towards a Universally Accepted Framework. https://prevent-waste.net/wp-content/uploads/2023/05/PREVENT_DiscussionPaper_CorporatePlasticWasteDisclosures.pdf (abgerufen am 02.09.2023)
- RecycleMich (o. J.). App. <https://www.recyclemich.at/app> (abgerufen am 20.09.2023)
- Recykal (o. J.) (1). Deposit Refund System. <https://recykal.com/deposit-refund-system/> (abgerufen am 02.09.2023).
- Recykal (o. J.) (2). Find Reputable Sellers – Avoid Scams Buying Plastic Scrap Online. <https://recykal.com/2023/02/01/find-reputable-sellers-avoid-scams-buying-plastic-scrap-online/> (abgerufen am 02.09.2023)
- Recykal (o. J.) (3). Marketplace. <https://recykal.com/marketplace/> (abgerufen am 21.09.2023)
- Recykal (o. J.) (4). Recykal. <https://recykal.com/> (abgerufen am 21.09.2023)
- Recykal (o. J.) (5). Recykal Point Waste Management. https://recykal.com/2021/09/27/recykal-point-waste-management/?_gl=1*5app1y*_ga*NTE4MzY5NTUwLjE2OD E0ODE2NTQ*_ga_8RGDKCC6S1*MTY4MTc0NjY0Ni4yLjE uMTY4MTc0NjY3Mi4zNC4wLjA.&_ga=2.96058780.1871886546.1681746647-518369550.1681481654 (abgerufen am 02.09.2023)
- ReDo Please (o. J.). Prototyp. <https://redo-please.com/prototyp> (abgerufen am 20.09.2023)
- Resourcify (o. J.). Plattform. Operations. (1). https://www.resourcify.com/de/operations?_gl=1*geurj7*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwsKqoBhBPEiWALrrqIG2TzP_iAF3lJfwdtVX54r0FjaEqw7H4693ncbOi14hwgmHAzAxWBoCoNYQAvD_BwE (abgerufen am 21.09.2023)
- Resourcify (o. J.). Plattform. Optimierung. (2). https://www.resourcify.com/de/optimierung?_gl=1*f1go4*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwsKqoBhBPEiWALrrqIG2TzP_HiAF3lJfwdtVX54r0FjaEqw7H4693ncbOi14hwgmHAzAxWBoCoNYQAvD_BwE (abgerufen am 21.09.2023)
- ReziProk (o. J.). Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe. <https://innovative-produktkreislaeufe.de/> (abgerufen am 26.09.2023)
- Shahrokni, Hossein; Lazarevic, David; van der Heijde, Bram et al. (2014). Big Data GIS Analytics Towards Efficient Waste Management in Stockholm. https://www.researchgate.net/publication/266097220_Big_Data_GIS_Analytics_Towards_Efficient_Waste_Management_in_Stockholm (abgerufen am 02.09.2023)
- Shu, Catherine (2022). Startups. Octopus keeps stuff out of Indonesia's crowded landfills. https://techcrunch.com/2022/07/06/octopus-keeps-stuff-out-of-indonesias-crowded-landfills/?guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAIMLYetuvu_0Kxbm1u1oEUg1fDrySPeNpNpNgop-qCjPsNg-TGjaFvnKnkjkH2uoSvO_nUtJKH3tp4BPVOFnpLHgSmjBDZF5Aw0WHVb6ELo8ecV6PvuYrYM8D2wTvgAxPbd2wNx_E5GQB1h4M-E1Hjcsxcx4mZRTAD-xJOy5u1x-QBg&_guc_consent_skip=1693643169 (abgerufen am 02.09.2023)
- Scrapp (o. J.). Mobile App. Sort Packaging. https://www.scrapprecycling.com/mobile-app?_branch_match_id=766568820080474659&utm_source=Website&utm_medium=marketing&_branch_referrer=H4sIAAAAAAAAAA8s0KSkottLXL8rKr8zWSywo0MvJzWd8kzv8vJT0wJTi4CigEAvs7AoyUAAA%3D (abgerufen am 20.09.2023)
- TED (2017). This app makes it fun to pick up litter – Jeff Kirschner. <https://www.youtube.com/watch?v=es4w3WUcrNO> (abgerufen am 02.09.2023)

- Tholen, Christoph; Wolf, Mattis; Leluschko, Carolin et al. (2023). Machine learning on multisensor data from airborne remote sensing to monitor plastic litter in oceans and rivers (PlasticObs+). <https://www.semanticscholar.org/paper/Machine-learning-on-multisensor-data-from-airborne-Tholen/ee33402263b106db416820c51cd0fa5242742beb> (abgerufen am 02.09.2023)
- Unwaste.io (o. J.) (1). Partners. <https://www.unwaste.io/partners> (abgerufen am 02.09.2023)
- Unwaste.io (o. J.) (2). Products. Plastic monitoring. <https://www.unwaste.io/products/plastic-monitoring> (abgerufen am 27.09.2023)
- Unwaste (2021). Digitally enabling the circular economy in Sub-Saharan Africa. <https://unwaste.medium.com/digitally-enabling-the-circular-economy-in-sub-saharan-africa-f58c8b229998> (abgerufen am 02.09.2023)
- Veca (o. J.). About us. <https://www.veca.app/about-us> (abgerufen am 02.09.2023)
- Wastebase (o. J.). Dashboard. <https://wastebase.org/#/dashboard> (abgerufen am 02.09.2023)
- Wastebase (2023). Wastebase Data report. <https://drive.google.com/file/d/1l-gkgY2sFxVz5x8e3pRB8e0MR0zjLvBQ/view?pli=1> (abgerufen am 02.09.2023)
- Waste Flow Diagram (o. J.). About the WFD. <https://wfd.rwm.global/> (abgerufen am 02.09.2023)
- Whiteman, Andrew; Cottom, Josh; Oros-Baias, Andreea (2023). The Waste Flow Diagram: Identifying Leakages from Municipal Waste Management Systems. <https://wfd.rwm.global/wp-content/uploads/2023/05/en-giz-wfd-compendium-2023.pdf> (abgerufen am 02.09.2023)
- Wirtschaftslexikon Gabler (o. J.). Definition Gamification. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/gamification-53874> (abgerufen am 24.07.2023)
- World Economic Forum (o. J.). Uplink – Here's How This Startup Has Become India's First Waste Commerce Platform. <https://www.weforum.org/videos/heres-how-this-startup-has-become-indias-first-waste-commerce-platform> (abgerufen am 02.09.2023)
- Wilson, Matt; Kitson, Nikki; Beavor, Andreas et al. (2021). Digital Dividends in Plastic Recycling. https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2021/04/ClimateTech_Plastic_R_WebSingles2.pdf (abgerufen am 02.09.2023)

Interviews wurden mit folgenden Personen geführt:

Bin-e, Jakub Luboński, Mitgründer und Geschäftsführer

Circular Action B.V., Thierry Sanders, Geschäftsführer

cirplus, Christian Schiller, Gründer und Geschäftsführer

CleanHub, Joel Tasche, Mitgründer und Geschäftsführer

Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH, Dr. Markus Helftewes, Geschäftsführer

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Mattis Wolf, Wissenschaftler

dm Drogeriemärkte, Dagmar Glatz, Bereich Nachhaltigkeit und Verpackungen

everwave, Dr. Tilman Floehr, Mitgründer und Technikchef

Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Ellen Gunsilius, Fachplanerin für Umwelt und Kreislaufwirtschaft; Steffen Blume, Projektmanager zur Verringerung der Eintragung von Plastikmüll in die Weltmeere

Henkel, Carsten Bertram, Leiter Bereich Packaging Sustainability

Kunststoff-Zentrum SKZ, Dr. Hermann Achenbach, Bereichsleiter Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft; Christoph Kugler, Gruppenleiter Digitalisierung

Küste gegen Plastik e. V., Jennifer Timrott, Vorstandsmitglied

Leibniz Universität Hannover, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres, Geschäftsführender Leiter des Instituts für Kunststoff- und Kreislauftechnik

Plastic Bank, Peter Nitschke, Globaler Direktor für Community Partnerschaften

Polysecure, Jochen Mößlein, Gründer und Geschäftsführer

ProData GmbH, Heino Claussen-Markefka, Geschäftsführer

RecycleMich, Stefan Siegl, Initiator

ReFrastructure – Stiftung für digitale Mehrweginfrastruktur gGmbH, Markus Urff, Geschäftsführer

Resourcify GmbH, Meike Lessau, Circularity Managerin

SAP, Katharina Schweitzer, Consultant for Circular Economy Solutions

VTAL Global GmbH, Dr. Fabian Barthel, Geschäftsführer

