

Peter Orth  
Jürgen Bruder  
Manfred Rink

# Kunststoffe im Kreislauf

Vom Recycling zur Rohstoffwende

---

# Kunststoffe im Kreislauf

---

Peter Orth · Jürgen Bruder · Manfred Rink

# Kunststoffe im Kreislauf

Vom Recycling zur Rohstoffwende

Dr. Peter Orth  
Köln, Deutschland

Dr. Jürgen Bruder  
Potsdam, Deutschland

Manfred Rink  
Köln, Deutschland

ISBN 978-3-658-37813-4      ISBN 978-3-658-37814-1 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-37814-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Daniel Froehlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

## Geleitwort Ralph Appel

Ohne hochleistungsfähige Kunststoffe sind viele moderne Anwendungen und Innovationen nicht mehr realisierbar. Gleichzeitig muss sich jedoch der Umgang mit Kunststoffen grundlegend verändern, um umweltbezogenen Herausforderungen zu begegnen und den Kunststoffabfall in der Umwelt (Littering) zu reduzieren sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermindern, die durch den Einsatz fossiler Ressourcen bei der Erzeugung oder einer thermischen Verwertung von Kunststoffabfällen entstehen. Herausforderungen wie diese erfordern nicht nur eine Vielzahl technischer Innovationen, sondern auch einen Paradigmenwechsel: Der Wert von Kunststoffabfällen als Rohstoffquelle muss anerkannt und honoriert werden.

Für den verantwortungsvollen Umgang mit unseren begrenzten Ressourcen muss zirkuläre Wertschöpfung deshalb zu einem Leitmotiv wirtschaftlichen und industriellen Handelns werden. Diese Vision ist ambitioniert und nur umsetzbar, wenn Kunststoffkreisläufe systematisch und unter Einbezug der gesamten Wertschöpfung konsequent geschlossen werden. Das erfordert nicht weniger als eine tief greifende industrielle Transformation hin zu einer zirkulären Kunststoffwirtschaft. Ingenieurinnen und Ingenieure auf allen Wertschöpfungsstufen bringen ihre Kompetenzen ein, um diesen Wandel erfolgreich zu gestalten.

Wir möchten den Herausgebern und Autoren für ihre wertvolle Arbeit und ihr Engagement danken, mit der sie auch im VDI, insbesondere im „Round Table Circular Economy“, ihre Fachexpertise einbringen und die Notwendigkeit einer zirkulären Kunststoffwirtschaft nachhaltig adressieren. Das vorliegende Werk sieht der VDI als ausgezeichneten Fundus, der über den aktuellen Diskussions- und Wissensstand zu Kunststoffen im Kreislauf informiert, Herausforderungen und Chancen benennt und zentrale Handlungsfelder für eine zirkuläre Kunststoffwirtschaft aufzeigt.

**Diplom-Wirtschaftsingenieur Ralph Appel** ist seit 2013 Direktor und geschäftsführendes Präsidiumsmitglied des VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf,

und Geschäftsführer der VDI GmbH. Aktuell ist er auch Präsident des europäischen Ingenieur-Dachverbands FEANI. Zuvor war er in verschiedenen Führungspositionen bei Cerestar und Cargill Deutschland tätig. Von 2015–2020 war er Vorsitzender des Vorstands der Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, Informatik, Naturwissenschaften und Mathematik – ASIIN.



(Foto: VDI)

---

## Geleitwort André Bardow

«Die Revolution frisst ihre Kinder» heißt es bei Büchner. Derzeit stellt sich die Frage, ob dieses Motto auch für die Kunststoff-Revolution gilt. Seit ihrer Entdeckung vor 100 Jahren durch Staudinger an der ETH Zürich haben Kunststoffe ohne Zweifel unser Leben revolutioniert. Leider zeigt dieser Siegeszug der Kunststoffe zunehmend seine schädlichen Auswirkungen in allen Bereichen der Umwelt. Wir benötigen daher einen neuen Blick auf Kunststoffe, der die Umweltauswirkungen immer einbezieht.

Weniger sichtbar als Plastikmüll, aber ebenso zentral sind dabei Treibhausgasemissionen: der steigende Bedarf macht Kunststoffe zum wesentlichen Treiber im globalen Erdölverbrauch und damit auch für CO<sub>2</sub>-Emissionen. Für unsere Klimaziele brauchen wir daher klimaneutrale Kunststoffe. Als zirkuläre Rohstoffe stehen hierfür zur Verfügung: Rezyklate, Biomasse und CO<sub>2</sub>. Unsere Analysen zeigen, dass diese zirkulären Rohstoffe eine klimaneutrale Herstellung von Kunststoffen schon mit heutigen Technologien erlauben. Zur Realisierung bleibt aber viel zu tun: insbesondere benötigen wir mehr und besseres Recycling in viel größerem Umfang.

Dazu muss sich die gesamte Wertschöpfungskette ändern ebenso wie unsere Perspektive darauf: Der Lebenszyklus von Kunststoffen endet nicht am Werkstor. Wir müssen kritisch prüfen, wo der Einsatz von Kunststoffen sinnvoll – und wo er vermeidbar ist. CO<sub>2</sub>-Emissionen müssen über den Lebenszyklus transparent erfasst und bepreist werden, wobei insbesondere auch die Müllverbrennung einbezogen werden muss. Das Lebensende muss schon beim Produktdesign mitgedacht werden. Kunststoffabfall muss schließlich einen Wert erhalten, um Konsumenten zur Sammlung und Sortierung zu motivieren. Eine solche Lebenszyklus-Perspektive auf Kunststoffe könnte eine wahre «Win-Win»-Situation ermöglichen: fossile Rohstoffe werden durch zirkuläre Kunststoffe ersetzt, die nicht mehr in der Umwelt landen. Hierfür müssen wir konsequent in zirkuläre statt in fossile Rohstoffe investieren.

Mit dem vorliegenden Buch legen führende Branchen-Experten dar, wie eine solche Kunststoff-Kreislaufwirtschaft aussehen könnte. Ich wünsche dem Buch daher eine breite Leserschaft für die zweite Kunststoff-Revolution: hin zur Nachhaltigkeit.

**Prof. Dr.-Ing. André Bardow** ist seit 2020 Professor für Energie- und Prozesssystemtechnik an der ETH Zürich. Er ist gleichzeitig Direktor des Institutes für Energie- und Klimaforschung (IEK-10) am Forschungszentrum Jülich. Zuvor war er Inhaber des Lehrstuhls für Technische Thermodynamik (LTT) an der RWTH Aachen (2010–2020) sowie Professor an der TU Delft (2007–2010). An der University of California, Santa Barbara, war er Gastprofessor (2015/16). Prof. Bardow ist Fellow der Royal Chemical Society und Vorsitzender des Fachausschusses Thermodynamik des VDI.



(Foto: ETH Zürich, Jakob Ineichen)

---

## Geleitwort Martin Faulstich

Vor fünfzig Jahren erschien die epochale Studie „Die Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome. Damals wie heute wurde eingeworfen, Kreativität und technologischer Fortschritt seien ungenügend berücksichtigt worden. Bei aller berechtigten Kritik an der Studie stimmt das sogar, anders jedoch als die Kritiker wohl dachten. Etliche Entwicklungen wurden seither sogar verstärkt oder waren seinerzeit nur in Ansätzen erkennbar. So ermöglichten Forschung und Entwicklung, dass alle technisch nutzbaren Elemente des Periodensystems mittlerweile auch genutzt werden. Das gilt insbesondere für die Metalle, die bekanntermaßen auf unserer Erde endlich und nicht synthetisierbar sind. Zudem spielte der Klimawandel damals noch kaum eine Rolle in unserem Bewusstsein. Die Begrenztheit der Vorräte an Kohle, Öl und Gas stand im Vordergrund und die Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für Kohlendioxid und andere Treibhausgase war noch kein Thema.

Die Begriffe Nachhaltigkeit, Anthropozän und planetare Grenzen haben seither die ökologische und ökonomische Debatte geprägt. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat in seinem Gutachten „Verantwortung in einer begrenzten Welt“ eindrücklich verdeutlicht, dass der Naturhaushalt auch das Fundament für eine prosperierende Wirtschaft und eine gedeihende Gesellschaft ist. Es gilt mehr denn je, Wohlfahrt und Ressourcennutzung zu entkoppeln, die Potenziale dafür sind längst nicht ausgeschöpft. Viele beeindruckende Effizienzerfolge werden derzeit allerdings durch Rebound-Effekte wieder zunichte gemacht.

Die Kunststoffe sind ein wichtiger Teil unserer Zivilisation, mit ihren vielfältigen Eigenschaften spielen sie in allen Bereichen des Lebens bedeutende Rollen. Produktion und Nutzung sind daher in den letzten Jahrzehnten weltweit stark gestiegen, die Erfolge, sie im Kreislauf zu führen, sind hingegen noch recht bescheiden. Hier setzt das neue Buch „Kunststoffe im Kreislauf“ des renommierten Autorenkollektivs an und betrachtet kompetent alle Wertschöpfungsstufen: Produktion mit regenerativen Rohstoffen statt Rohöl, Abfallvermeidung als Priorität, Recycling und erforderlicher Rezyklateinsatz, thermische Behandlung für unvermeidbare und nicht verwertbare Abfälle.

Die Kunststoffwirtschaft wird zweifellos ihren Beitrag leisten, unsere noch überwiegend fossil basierte Industriegesellschaft zu einer nachhaltig wirtschaftenden

Industriegesellschaft zu transformieren. Eine treibhausgasneutrale und ressourceneffiziente Gesellschaft wird dann auf zwei essenziellen Säulen basieren – regenerativen Energieträgern und recycelten Rohstoffen, die Energiewende braucht also auch die Rohstoffwende.

„Kunststoffe im Kreislauf“ ist das neue Standardwerk in diesem Themenfeld. Wir wünschen diesem perspektivenreichen Werk eine interessierte Leserschaft und eine große Verbreitung.

**Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich** ist Inhaber des Lehrstuhls für Ressourcen- und Energiesysteme an der Technischen Universität Dortmund, zuvor war er Lehrstuhlinhaber an der TU Clausthal und der TU München. Er war zunächst Mitglied und von 2008 bis 2016 Vorsitzender des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung, der maßgebliche Impulse zur Entscheidungsfindung für die Energie- und Rohstoffwende geben konnte. Er ist zudem in namhaften Institutionen tätig, als Co-Vorsitzender der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt, im Stiftungsrat der Daimler und Benz Stiftung, als Kurator des Ifo Instituts für Wirtschaftsforschung, als Wissenschaftlicher Beirat des Potsdam-Instituts für Klimaforschung, im Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Abfallwirtschaft, als Vice Chairman der Circular Economy Coalition for Europe und als Stellvertretender Beiratsvorsitzender des VDI-Zentrums Ressourceneffizienz. Er ist zudem Gründer und Leiter des Instituts für die Zukunft der Industriegesellschaft (INZIN) in Düsseldorf.



---

## Geleitwort Martin Stuchtey

Der Wandel zu einer Kreislaufwirtschaft hat über die letzten Jahre ein unglaubliches Momentum entfaltet und ist heute Kernbestand progressiver Wirtschaftspolitik - vom European Green Deal in der EU, bis zu Ecological Civilization in China und zu Smart Prosperity in Canada.

Als vielseitiger Werkstoff ist Kunststoff in unzählige Anwendungsbereiche und Aspekte des Lebens vorgedrungen – Kunststoffe haben die Nachkriegsökonomie geprägt, wenn nicht sogar ermöglicht. Zur Wahrheit gehört aber auch, dass Kunststoffe bislang hauptsächlich aus fossilen Rohstoffen produziert werden, selten recycled werden und, global betrachtet, oftmals nach einem kurzen Lebenszyklus in die Umwelt gelangen. „Ubiquität“ und „Linearität“ von Kunststoffen hat das gesamte Werteschöpfungssystem in den Fokus einer weltweiten und hitzigen Debatte gerückt.

Doch der Kunststoffsektor besitzt das Potenzial vom Problemfall zum Vorbild für andere Industrien zu werden. Unsere Studien zu „Breaking the Plastic Wave“ (s. Abschn. 17.2.1) haben gezeigt, dass ein zirkuläres „System Change Szenario“ die Antwort auf diese Herausforderungen ist. Dieses „System Change Szenario“ ist sowohl sozial und ökologisch wünschenswert als auch wirtschaftlich tragfähig. Doch das derzeit beobachtbare Veränderungstempo wird uns nicht dorthin tragen. Der Systemwandel bedarf politischen Muts und eines Gestaltungswillens, eines ehrgeizigen Handelns vonseiten der Unternehmen und sowie einer engen Zusammenarbeit zwischen Industrie, Politik und Wissenschaft.

Was als Diskussion um den Eintrag von Plastik in die Ökosysteme und das Meer begann, ist nun Teil einer breiteren Diskussion über die Net-Zero Transition der Kunststoffindustrie geworden. Dies eröffnet der Kunststoffindustrie die einmalige Chance, den Wandel kraftvoll voranzutreiben, eine Vorreiterrolle einzunehmen und als Blaupause der Transition für andere Industrien zu agieren.

Die Autoren führen den Leser in die komplexe und weitverzweigte Welt der Kunststoffwirtschaft ein, denken Zirkularität für die Kunststoffwirtschaft konsequent zu Ende und zeigen eindrucksvoll auf, wie eine ganzheitliche und integrative Kreislaufstrategie aussehen kann.

Das Buch überzeugt mit seiner fundierten Expertise, klaren Analysen als auch pragmatischen Handlungsempfehlungen und ist somit höchst relevant, um den Wandel zu einer Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe gemeinsam und zum Nutzen aller zu gestalten.

**Prof. Dr. Martin R. Stuchtey** ist Professor für Ressourcenstrategie und -management an der Universität Innsbruck. Er ist Gründer und Managing Partner von SYSTEMIQ Ltd, einer Beratungs- und Beteiligungsgesellschaft für neue Landnutzungs-, Kreislauf- und Energiesysteme.



---

## Vorwort

„Kreislaufwirtschaft“ (Englisch: „*Circular Economy*“) – dieser Begriff ist seit einigen Jahren in vieler Munde. Hatte er bedingt durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz der 90er Jahre zunächst eine abfallwirtschaftliche Konnotation, so steht er heute für eine andere Wirtschaftsweise, die eine wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformation erfordert. Gemeint ist die Transformation von der linearen Wirtschaft, die auf der vermeintlichen Unendlichkeit unserer planetaren Ressourcen, einem stetig wachsenden Konsum und der Entlassung von immer mehr Abfällen in die terrestrische, aquatische oder atmosphärische Umwelt beruht, zu einer Wirtschafts- und Lebensweise, deren Produktion und Konsum Haus hält mit den begrenzten Ressourcen unseres Planeten und sich am Gebot der Klimaneutralität orientiert, was u. a. über eine durchgängige Kreislaufführung aller Stoffe erreicht werden soll. Der entscheidende Treiber für diese Transformation ist der Kampf gegen den Klimawandel, letztlich ein Kampf um das Überleben der Menschheit auf dem Planeten Erde. Aber auch die Bedeutung sicherer Ressourcen wird durch den Krieg Russlands gegen die Ukraine dramatisch verdeutlicht. Die Substitution fossiler durch zirkuläre Rohstoffe - wie Rezyklate, Biomasse und Kohlenstoffdioxid - ist damit auch zur geopolitischen Notwendigkeit geworden.

Das vorliegende Werk befasst sich mit dem Schwerpunkt Kunststoffabfallverwertung mit der Rolle des organischen Werkstoffs Kunststoff in diesem Kreislauf, eine durchaus ambivalente Rolle, müssen doch einerseits die weiter wachsenden Abfallmengen und von ihnen induzierte Treibhausgasemissionen gemeistert und andererseits die Ressourcen zur Herstellung der Kunststoffe gesichert werden. Wir brauchen mithin eine strikte Schließung des Kohlenstoffkreislaufs, zu dem alle Stufen des Wertschöpfungskreislaufs von Chemie über Kunststoffherzeugung, Kunststoffverarbeitung und Produktherstellung, Handel und Verbraucher, bis zum Entsorger und Recycler beizutragen haben.

Die Erarbeitung des Werkes „Kunststoffe im Kreislauf – vom Recycling zur Rohstoffwende“ erfolgte auf der Grundlage der jahrzehntelangen Erfahrungen der Autoren als Mitarbeiter der Kunststoffindustrie und als Geschäftsführer deutscher, europäischer und internationaler Kunststoffverbände. In den letzten Jahren gab es zudem zum Thema Kreislaufwirtschaft und Kunststoffe eine intensive Zusammenarbeit der

Autoren mit dem Verein Deutscher Ingenieure<sup>1</sup>, der den Themenkomplex Ressourceneffizienz und Circular Economy als eines von vier Zukunftsfeldern definierte, in denen viele technische Lösungen bereits vorliegen, deren Umsetzung und Ausgestaltung aber politisch noch umstritten sind. Der Werkstoff Kunststoff hat in diesem Kontext eine überragende Bedeutung, die das vorliegende Werk reflektiert.

Die Einleitung (Kap. 1) umfasst zunächst die durchgehenden Ziele – Überblick verschaffen, Herausforderungen definieren, Kreislaufstrukturen erarbeiten, Informationen verfügbar machen und Begrifflichkeiten erarbeiten. Es folgen kurzgefasste Darstellungen der wesentlichen Eigenschaften des Werkstoffes (Kap. 2), seiner aktuellen und zukünftigen Rohstoffbasis (Kap. 3) und der Struktur der komplexen Kunststoffwirtschaft (Kap. 4).

Mit dem Umfang der regionalen und globalen Stoffströme des Kunststoffs, der Abfälle und der Rezyklate befasst sich das dann folgende Kapitel (Kap. 5). Die Wahrnehmung der Produktverantwortung und die Umsetzung des Eco Designs werden anhand zahlreicher Beispiele erläutert (Kap. 6) und durch Ausführungen über kreislauforientiertes Industriedesign mit Kunststoffen ergänzt (Kap. 7). Zentrale Aspekte des Umgangs mit Kunststoffabfällen sind Sortierung und Aufbereitung (Kap. 8) sowie die Verwertung mit unterschiedlichsten Verfahren (Kap. 9), es folgen die kritischen Seiten – *land based litter* und *marine litter* (Kap. 10). Ein Kapitel zur Rolle des Konsumenten bzw. Nutzers als „Quelle“ der Abfälle wird der Leser noch vergeblich suchen; diese Lücke ist von sozialwissenschaftlicher Seite zu schließen.

Wichtige Entscheidungshilfen für den Umgang mit Kunststoffabfällen liefern Ökobilanzen (Kap. 11), der essenzielle Einsatz digitaler Methoden ist in schneller Entwicklung begriffen (Kap. 12), eine leistungsfähige Logistik spielt eine zentrale Rolle in den entstehenden Stoffkreisläufen (Kap. 13).

Die oben genannte Transformation zur Kreislaufwirtschaft wird nur gelingen, wenn die technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zügig definiert und fortlaufend weiterentwickelt werden. Hiermit befassen sich die Kapitel über Standardisierung und Normierung (Kap. 14) und über die Regulierung einer Kunststoffkreislaufwirtschaft auf deutscher und europäischer Ebene (Kap. 15). In diesen Kontext gehören auch die Kommunikations- und Kooperationsplattformen der Kreislaufbeteiligten – die Kunststofffachpresse sowie die einschlägigen Verbände und Netzwerke in Deutschland und Europa (Kap. 16).

---

<sup>1</sup> VDI 2020: <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-statusreport-kunststoffe-und-deren-verwertung-einige-aspekte> Letzter Abruf 30.3.2022 VDI 2021a: <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/zukunftsagenda-empfehlungen-fuer-die-20-legislaturperiode> Letzter Abruf 22.03.2022 VDI 2021b: Circular Economy für Kunststoffe neu denken, Düsseldorf, Dezember 2021 <https://www.vdi.de/themen/politischer-dialog/dialog-events/vdi-round-table-circular-economy>. Letzter Abruf 10.03.2022.

Aspekte einer Kunststoffkreislaufwirtschaft werden seit einigen Jahren von einer Vielzahl von Organisationen der Wirtschaft, der Forschung und der Beraterbranche untersucht und versehen mit Handlungsempfehlungen publiziert. Wichtige Ergebnisse sind in das vorliegende Werk eingeflossen, zusätzlich werden 28 wichtige Studien referiert, um dem Leser einen Überblick zu verschaffen und einen direkten Zugang zu diesem Teil der Literatur zu ermöglichen (Kap. 17).

Statt einer Zusammenfassung folgt ein knappes Fazit mit dem Titel „Wohin geht die Reise?“ (Kap. 18). Es macht noch einmal deutlich, dass ein Aufbruch erfolgt ist, dass der weitere Weg zur Klimaneutralität 2050 schwierig und in vielerlei Beziehung noch unbekannt ist.

Jedes Kapitel ist mit einem eigenständigen Literaturverzeichnis versehen, um dem Leser eine sinnvolle Befassung mit Teilbereichen des Werkes zu erleichtern. Den Abschluss bildet ein Anhang mit Begriffserläuterungen.

Zielraum des Werkes ist der deutschsprachige Markt in Mitteleuropa, was die Verwendung der deutschen Sprache rechtfertigt. Dieser ist jedoch Teil eines europäischen und globalen Marktes, mit dem er in intensiven Wechselwirkungen steht; hier dient das Englische als *lingua franca*. Dies erklärt den zunehmenden Gebrauch von Anglizismen, die nicht mehr eingedeutscht, sondern als solche in deutschen Kontexten verwandt werden. Sie wurden in kursiver Schreibweise kenntlich gemacht.

Zielgruppen des Werkes sind Entscheider und Fachleute in der Kunststoffwirtschaft und den Wertschöpfungsketten des Werkstoffes Kunststoff; Politiker und Mitarbeiter in allen Bereichen der Politik und den mit dem Themenkomplex befassten Behörden; Mitarbeiter und Mitglieder der in Sachen Kreislaufwirtschaft engagierten NGOs Studierende und Dozenten an den deutschsprachigen Hochschulen der Fachrichtungen Makromolekulare Chemie, Kunststofftechnik, Wirtschaftschemie und -ingenieurwesen, Chemieingenieurwesen, Verfahrenstechnik und Maschinenbau, schließlich Journalisten und Redakteure der Medien, die in diesen Wirtschafts- und Gesellschaftsbereichen und darüber hinaus tätig sind.

Der Dank der Autoren gilt allen Co-Autoren, die Ihre Kompetenzen in Form eigener Kapitel eingebracht haben und so dazu beitragen, die vielen Facetten unseres Themenkomplexes zu beleuchten. Unser Dank gilt auch Herrn Dr. Daniel Fröhlich und Frau Andrea Broßler vom Springer Vieweg Verlag, die die Entstehung dieses Werkes hilfreich, verständnisvoll und kritisch begleitet haben; ohne sie hätte es ein anderes Gesicht.

Das vorliegende Werk ist eine Momentaufnahme eines sich mit Tempo und Dynamik entwickelnden technisch-wissenschaftlichen und politischen Themenkomplexes. Die Autoren sind sich dessen bewusst, dass es Unvollständigkeiten und Lücken enthält, dass manches anders als erwartbar verlaufen wird und dass viele neue Entwicklungen hinzukommen werden. Hierfür bitten sie den geeigneten Leser um Verständnis.

Köln und Potsdam  
im April 2022

Jürgen Bruder  
Peter Orth  
Manfred Rink

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
1.1	Ziele .....	1
1.2	Herausforderungen .....	3
1.3	Der Kunststoffkreislauf .....	4
1.4	Terminologie .....	6
	Literatur .....	9
<b>2</b>	<b>Kunststoff – ein nachhaltiger Werkstoff</b> .....	11
2.1	Physikalische Eigenschaften .....	11
2.2	Gebrauchseigenschaften und Anwendungen .....	13
2.3	Lebenszyklen .....	14
2.4	Wirtschaftlichkeitsaspekte .....	15
2.5	Zur Natur der Kunststoffe .....	16
2.6	Kunststoffsorten .....	17
	Literatur .....	17
<b>3</b>	<b>Rohstoffbasis</b> .....	19
3.1	Fossile Rohstoffe .....	19
3.2	Zirkuläre Rohstoffe .....	20
3.2.1	Rezyklate .....	21
3.2.2	CO <sub>2</sub> – Carbon Capture and Usage (CCU) .....	22
3.2.3	Biogene Rohstoffe – Biomasse und nachwachsende Rohstoffe .....	23
3.3	CO <sub>2</sub> e-Emissionen .....	24
3.4	Perspektiven .....	26
	Literatur .....	27
<b>4</b>	<b>Die Kunststoffwirtschaft</b> .....	29
4.1	Kunststoffindustrie und Kunststoffwirtschaft .....	30
4.2	Kunststofferzeugung .....	30
4.3	Kunststoffverarbeitung .....	32

4.4	Kunststoffmaschinen und -anlagenbau .....	33
4.5	Recycler .....	34
4.6	Wertschöpfungsketten .....	34
4.7	Dienstleister .....	35
4.8	Wissenschaft .....	36
4.9	Verbände und Register .....	37
4.10	Weitere Teile der Kunststoffwirtschaft .....	38
	Literatur .....	39
<b>5</b>	<b>Stoffströme</b> .....	<b>41</b>
5.1	Anwendungen .....	42
5.2	Quantitative Darstellung .....	43
5.3	Produktion .....	44
5.4	Märkte .....	44
5.5	Rezyklate und ihr Einsatz .....	46
5.6	Export von Kunststoffabfällen .....	49
5.7	Prognosen .....	50
5.8	Daten und Quellen .....	52
	Literatur .....	54
<b>6</b>	<b>Produktverantwortung und Beispiele für ihre Umsetzung</b> .....	<b>55</b>
6.1	Produktverantwortung für die Kreislaufführung .....	55
6.2	Design-Phase .....	58
6.2.1	Umweltbezogene Design-Begriffe und ihre Einordnung .....	58
6.2.2	Beispiel: Eco-Design von Kunststoffverpackungen .....	60
6.2.3	Beispiel: Design for Recycling von Kunststoffverpackungen .....	62
6.3	Herstellungsphase .....	65
6.3.1	Beispiele für Rezyklateinsatz .....	65
6.3.2	Beispiele für die Senkung des Gehaltes an gefährlichen Stoffen .....	66
6.4	Gebrauchsphase .....	67
6.4.1	Beispiel: Wiederverwendung von Fässern und IBC .....	67
6.5	End of Life-Phase .....	68
6.5.1	Beispiel: Pfandsystem für PET-Getränkeflaschen und HDPE-Kreislauf für Flaschen .....	68
6.5.2	Beispiel: Sammlung und Recycling von Agrarfolien und -kunststoffen .....	69
6.5.3	Beispiel: Sammlung und Recycling von PVC-Fenstern und -Türen .....	71
6.5.4	Beispiel: Sammlung und Recycling von EPS-Abfällen aus der Gebäudeisolierung .....	73

6.5.5	Beispiel: Recycling von Kunststoffteilen aus Altfahrzeugen. ....	74
6.5.6	Recycling von Matratzen aus PUR .....	76
6.6	Ausblick. ....	78
	Literatur. ....	79
<b>7</b>	<b>Kreislauforientiertes Industriedesign mit Kunststoffen</b> .....	<b>83</b>
7.1	Design for Circularity mit Kunststoffen .....	84
7.2	Beispiele nachhaltiger Gestaltung mit Design for Circularity. ....	84
7.3	Gestaltung von Produkten in Kunststoff – von Dieter Rams zum Design for Circularity .....	86
7.4	Gestaltung und Produktentwicklung mit Design for Circularity .....	88
7.5	Ausblick. ....	90
	Literatur. ....	91
<b>8</b>	<b>Sortierung und Aufbereitung von Kunststoffabfällen</b> .....	<b>93</b>
8.1	Rolle der Sortierung und Aufbereitung in der Kreislaufwirtschaft .....	93
8.2	Sortierung und Aufbereitung von Verpackungen. ....	95
8.3	Aufbereitung von Altfahrzeugen .....	97
8.4	Aufbereitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten. ....	98
8.5	Ausblick und Herausforderungen .....	99
	Literatur. ....	100
<b>9</b>	<b>Verwertung von Kunststoffabfällen</b> .....	<b>103</b>
9.1	Verwertung und Verwertungsverfahren .....	104
9.2	Werkstoffliches (mechanisches) Recycling .....	105
9.3	Lösemittelbasierte Verfahren .....	109
9.4	Chemisches oder rohstoffliches Recycling .....	110
9.5	Massenbilanzierung .....	115
9.6	Energetische Verwertung .....	117
	Literatur. ....	120
<b>10</b>	<b>Nicht-verwertete Kunststoffabfälle</b> .....	<b>123</b>
10.1	Globale nicht-verwertete Stoffströme .....	123
10.2	Deponieren. ....	124
10.3	Marine Litter .....	126
10.3.1	Ursachen von Marine Litter .....	126
10.3.2	Ökologische und andere Folgen. ....	127
10.3.3	Quellen, Eintragspfade und Mengen .....	129
10.3.4	Maßnahmen gegen den Kunststoffabfalleintrag .....	130
10.4	Makro- und Mikroplastik .....	132
10.5	Littering in Deutschland .....	133
	Literatur. ....	135

<b>11</b>	<b>Ökobilanzen von Kunststoffkreisläufen</b>	139
11.1	Einleitung	140
11.2	Grundlagen der Ökobilanzierung	140
11.2.1	Methodik und Daten	141
11.2.2	Bedeutung	142
11.2.3	Akzeptanz	142
11.3	Ökologische Bewertung von Kunststoffkreisläufen	142
11.3.1	Methodische Grundlagen	143
11.3.2	Müllverbrennung und Recycling im Vergleich	146
11.3.3	Co-Verbrennung und Recycling im Vergleich	150
11.3.4	Chemisches und werkstoffliches Recycling im Vergleich	151
11.4	Schlussfolgerungen für die Kreislaufwirtschaft in Deutschland	155
11.5	Treibhausgasneutrale Kunststoffe durch Kreislaufwirtschaft	156
	Literatur	158
<b>12</b>	<b>Digitalisierung in der Kunststoffkreislaufwirtschaft</b>	163
12.1	Bedeutung der Digitalisierung	164
12.2	Digitalisierung in der Praxis	165
12.3	Neue Strukturen und Kooperationen	168
12.4	Rahmenbedingungen	171
	Literatur	173
<b>13</b>	<b>Logistik im Kreislauf</b>	175
13.1	Bedeutung der Logistik	176
13.2	Die Logistik als Bindeglied	177
13.3	Wandel zu einem auftragsorientierten Sekundärrohstoffstrom	178
13.4	Herausforderungen und Chancen für Logistikdienstleister	180
	Literatur	181
<b>14</b>	<b>Normung und Standardisierung für Kunststoffe im Kreislauf</b>	183
14.1	Was sind Normung und Standardisierung?	184
14.2	Verbindung zwischen Normung und staatlicher Regelung	185
14.3	Normungslandschaft zu Circular Economy mit Bezug zu Kunststoffen	186
14.4	Normungsaktivitäten zu Kunststoff-Recycling und -Rezyklaten	187
14.4.1	Relevante Gremien	187
14.4.2	Zentrale Normen und Standards	188
14.5	Zukunftsthemen	190
14.6	Ausblick	192
	Literatur	192
<b>15</b>	<b>Regulierung einer Kunststoffkreislaufwirtschaft</b>	195
15.1	Historischer Abriss	196
15.2	Regulierung auf EU-Ebene	197

15.3	Regulierung in Deutschland	200
15.4	Regulierung des Rezyklateinsatzes	202
15.5	Stand und Ausblick zur Stoffkreislauf-Regulierung	206
	Literatur	207
<b>16</b>	<b>Fachpresse und Verbände</b>	211
16.1	Information & Kommunikation – Fachpresse	211
16.2	Interessenvertretungen – Verbände und Netzwerke	213
	Literatur	218
<b>17</b>	<b>Relevante Studien zum Thema</b>	219
17.1	Circular Economy	220
17.1.1	Ellen MacArthur Foundation: the New Plastics Economy	220
17.1.2	Acatech: European Green Deal	221
17.1.3	WWF mit Wuppertal Institut: Impulspapier Kreislaufwirtschaftsstrategie	222
17.1.4	IN4Climate.NRW: Circular Economy in der Grundstoffindustrie	224
17.1.5	VCI: Branchenstrategie zirkuläre Wirtschaft	226
17.1.6	VDI: Green Paper „Circular Economy für Kunststoffe neu denken“	227
17.1.7	BUND et al.: Wege aus der Plastikkrise	229
17.1.8	GKV et al.: Kunststoffe für Kreislaufwirtschaft und Klimaschutz	230
17.1.9	CEID mit acatech: Zirkuläre Geschäftsmodelle	232
17.2	Potentialanalysen und Roadmaps	234
17.2.1	PEW mit Systemiq: Breaking the Plastics Wave	234
17.2.2	CEID mit acatech und Systemiq: <i>Circular Economy Roadmap</i> für Deutschland	235
17.2.3	WWF mit Systemiq: Verpackungswende jetzt	236
17.2.4	Systemiq: Reshaping Plastics	237
17.3	Stoffströme	238
17.3.1	PlasticsEurope und EPRO: Plastics – the Facts 2020	238
17.3.2	BKV et al. mit Conversio: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019	239
17.3.3	GPA, IK et al. mit Conversio: Global Plastics Flow 2018	240
17.3.4	Geyer, Jambeck et al.: Production, Use, and Fate of All Plastics Ever made	241
17.4	Emissionen	242
17.4.1	Agora Energiewende mit Wuppertal Institut: Klimaneutrale Industrie	242
17.5	Recycling, Rezyklateinsatz und Rezyklierbarkeit	243
17.5.1	Fraunhofer-CCPE: Recyclingtechnologien für Kunststoffe	243

17.5.2	Nova: Chemical Recycling .....	245
17.5.3	IN4Climate.NRW: Chemisches Recycling .....	246
17.5.4	RESAG-Bericht zum Rezyklateinsatz .....	248
17.5.5	GVM-Studie zum Stand der Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen 2020. ....	249
17.6	Quoten .....	250
17.6.1	IK mit AGVU: Gesetzliche Mindestquoten für Rezyklate in Kunststoffverpackungen? .....	250
17.6.2	KRU: Substitutionsquoten .....	251
17.7	Littering .....	252
17.7.1	FhG-UMSICHT: Konsortialstudie zu Mikroplastik .....	252
17.7.2	BKV mit Conversio: Kunststoffe in der Umwelt. ....	254
17.7.3	UNEP: Marine Litter and Plastics Pollution .....	255
	Literatur. ....	256
<b>18</b>	<b>Fazit – Wohin geht die Reise? .....</b>	<b>259</b>
	<b>Begriffserläuterungen. ....</b>	<b>265</b>

---

## Über die Autoren



**Dr. Jürgen Bruder** ist Chemiker mit ökonomischer Habilitation auf dem Gebiet der Systemanalyse. Nach Stationen im Hochschulbereich und der chemischen Industrie war er viele Jahre als Geschäftsführer Umwelt/Technik und als Hauptgeschäftsführer der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen tätig und nahm vielfältige Funktionen in nationalen, europäischen und globalen Gremien der Kunststoff- und der Verpackungsindustrie, u.a. in der Global Plastic Alliance, wahr. Als Senior Consultant liegt sein Fokus heute auf der Transformation der Kunststoffindustrie zu einer Kreislaufwirtschaft mit Schwerpunkt Kunststoffverpackungen und Kunststoffanwendungen in der Landwirtschaft.



**Dr. Peter Orth** ist Chemiker; er führt mit OPC – Orth Plastics Consulting eine Gruppe von Senior Consultants mit jahrzehntelanger Berufserfahrung in leitender Stellung in der deutschen und europäischen Kunststoffindustrie und ihren Verbänden. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in den Feldern Innovation und Nachhaltigkeit in Zusammenarbeit mit Wissenschaft, Industrie und Politik. Aktuell arbeitet er auf den Themenfeldern Rohstoff CO<sub>2</sub>, Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft.



**Dipl.-Ing. Manfred Rink** ist Maschinenbauer; sein beruflicher Weg führte ihn von einem Automobilzulieferer zu einem der großen Kunststoffhersteller. Dort war er in verschiedenen leitenden Positionen tätig. Zuletzt befasste er sich mit Zukunftstrends in der Kunststoffindustrie und deren Chancen und Risiken für das Unternehmen. Heute ist er als Senior Consultant in den Bereichen Nachhaltigkeit/Kreislaufwirtschaft in der Kunststoffindustrie tätig.

---

## Die Co-Autoren



**Andreas Bastian** begann seine Tätigkeit in der Kreislaufwirtschaft 2008 bei der RIGK GmbH, die Verwertungssysteme für industrielle Kunststoffverpackungen entwickelt und betreibt; seitdem ist er der Branche treu geblieben. Nach dem Bachelor-Abschluss an der Uni Köln begann er als Business Development Manager bei RIGK mit den Schwerpunkten Stoffstrommanagement und Marktentwicklung. Während des Masterstudiums an der RWTH Aachen mit dem Schwerpunkt Technologie und Innovation entwickelte er ein ganzheitliches Konzept zur Förderung des Rezyklateinsatzes. Mit RIGK als Gesellschafter gründete er 2018 die plastship GmbH, mit der er einen Managed Marketplace für das Rezyklatgeschäft und darüber hinaus für die Kreislaufwirtschaft aufbaut.

**Kapitel 12:** Digitalisierung in der Kunststoffkreislaufwirtschaft



**Martin Beeh** Studien Industriedesign (FH Darmstadt, ENSCI-Les Ateliers Paris) und Betriebswirtschaft. Design Manager bei Décathlon, Senior Industrial Designer und Design Manager im Electrolux Industrial Design Team. General Manager von Material ConneXion Cologne. 2009 Gründung von beeh\_innovation in Köln. 2012 bis 2015 Professor für Design Management an der Hochschule OWL. 2021 Gründung des CIDI – Cologne Institute for Design and Innovation. Red Dot Product Design Award Juror und Mitglied des VDID.

**Kapitel 7:** Kreislauforientiertes Industriedesign mit Kunststoffen



**Stefanie Bierwirth** studierte Physik an der Georg-August-Universität zu Göttingen. Nach Abschluss ihres Diploms arbeitete sie am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie. Seit 2016 ist sie Mitarbeiterin beim Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN) und betreut aktuell Normungsgremien auf deutscher, europäischer und internationaler Ebene für den DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK) in den Bereichen Recycling und Rezyklate sowie Umweltaspekte von Kunststoffen.

**Kapitel 14:** Normung und Standardisierung für Kunststoffe im Kreislauf



**Naemi Denz** ist Geschäftsführerin der Sutco Recycling-technik GmbH in Bergisch Gladbach, eines weltweit tätigen Anlagenbauers für die Aufbereitung und Sortierung von Sekundärressourcen. Die studierte Ingenieurin für technischen Umweltschutz und Umweltassessorin hat mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich Circular Economy, Nachhaltigkeit und Digitalisierung. Im Rahmen ihrer früheren Tätigkeiten u.a. als Mitglied der Hauptgeschäftsführung des VDMA e.V. und als Mitglied der erweiterten Geschäftsleitung der Steinert GmbH erwarb sie sich umfangreiche Expertise bei der internationalen Ausrichtung des Maschinen- und Anlagenbaus. Sie ist Vorsitzende des Beirates des VDI Zentrums Ressourceneffizienz.

**Kapitel 8:** Sortierung und Aufbereitung von Kunststoffabfällen



**Ronja Hermanns** ist die leitende Chemieingenieurin bei Carbon Minds. Sie ist verantwortlich für die Modellierung von chemischen Prozessen und Dekarbonisierungsstrategien. Ihr Schwerpunkt liegt dabei auf der Analyse von Ökobilanz-Ergebnissen der chemischen Industrie. Ihre Masterarbeit bei Carbon Minds über groß angelegte Umwelloptimierungsmodelle der chemischen Industrie hat ihre Motivation geweckt, die chemische Industrie nachhaltig mitzugestalten.

**Kapitel 11:** Ökobilanzen von Kunststoffkreisläufen



**Prof. Dr. Thomas Krupp** ist Professor für Transport- und Verkehrslogistik an der Technischen Hochschule Köln. Seit 2016 ist er Studiengangsleiter des Master-Studiengangs (M.Sc.) Supply Chain and Operations Management. Er verfügt über langjährige Erfahrung in Lehre, Beratung und angewandter Forschung aus seinen beruflichen Stationen als Professor für Logistikmanagement an der Europäischen Fachhochschule in Brühl, als Management-Berater im Competence Center Transportation bei Horváth & Partners und als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fraunhofer ATL, heute Fraunhofer SCS in Nürnberg. Nach dem Studium der Betriebswirtschaftslehre in Nürnberg und Sevilla promovierte er am Lehrstuhl für Logistik der Universität Erlangen-Nürnberg zum Thema Benchmarking in der Kontraktlogistik.

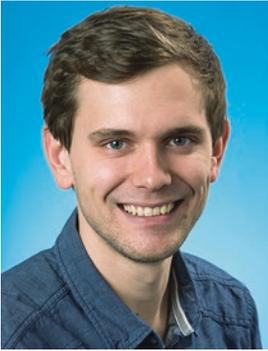
Seine Themenschwerpunkte neben der Digitalisierung in der Logistik sind strategische Fragestellungen und Prozessmanagement in Logistikdienstleistung und Supply Chain Management sowie Branchenlogistik, insb. Chemielogistik.

**Kapitel 13:** Logistik im Kreislauf



**Jieying (Anni) Luu** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin für den Bereich Logistik und Supply Chain Management in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Hochschule Köln. Zuvor studierte sie Business Administration mit Schwerpunkt Logistik an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg sowie an der Hunan-University in Changsha (China) und absolvierte später den Master of Science in Supply Chain and Operations Management an der TH Köln. Zu ihren beruflichen Stationen gehören neben Amazon mehrere Einsätze in der Prozessindustrie. Bei Thyssen Krupp Rasselstein erstellte sie u.a. ihre Bachelor- und Masterarbeiten, in denen sie sich wissenschaftlich mit praktischen Fragestellungen der Logistik in der Prozessindustrie beschäftigte.

**Kapitel 13:** Logistik im Kreislauf



**Raoul Meys** arbeitet an der Reduzierung der Klimaauswirkungen der Chemie- und Kunststoffproduktion. Als Geschäftsführer bei Carbon Minds leitet er funktionsübergreifende Teams, gibt wertvolle Einblicke in die Bedürfnisse der Industrie und treibt kontinuierliche Verbesserungen in Richtung Nachhaltigkeit voran. Die durchgeführten Arbeiten basieren auf einer akademischen Karriere mit Publikationen in den Fachzeitschriften Science und PNAS.

**Kapitel 11:** Ökobilanzen von Kunststoffkreisläufen



**Dr.-Ing. Nico Pastewski** ist Bereichsleiter bei der VDI Technologiezentrum GmbH. Er begann seinen Werdegang nach dem Ingenieurstudium 2006 beim Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in Stuttgart und bekleidete anschließend verschiedene leitende Positionen in Industrie und Beratung. Fachlicher Fokus waren stets die Themen Nachhaltigkeit und Digitalisierung im Forschungs- und Innovationskontext. Seit 2019 verantwortet er für die VDI Technologiezentrum GmbH den Bereich Nachhaltigkeit und Gesundheit sowie den Firmenstandort in Berlin.

**Kapitel 12:** Digitalisierung in der Kunststoffkreislaufwirtschaft

---

## Abkürzungsverzeichnis

AEPW	Alliance to End Plastics Waste
AfzV	Altfahrzeugverordnung
AGVU	Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt e.V.
AVK	Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung
BAU	Business as Usual
BDE	Branchenverband d. deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V.
BGL	British Gas Lurgi (Vergaser)
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BKV	Beteiligungs- und Kunststoffverwertungsgesellschaft mbH
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BVSE	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.
CACE	China Association of Circular Economy
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Electrochemical Committee for Standardization
CFK	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
CMS	Carbon Management Service
CWA	CEN Workshop Agreement
DfR	Design für Recycling
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DPG	Deutsche Pfandsystem GmbH
DSD	Duales System Deutschland
D4R	Design for Recycling
EAR	Stiftung Elektro-Altgeräte Register

---

EBS	Ersatzbrennstoff
EDGAR	Emission Database for Global Atmospheric Research
ElektroG	Elektroaltgerätegesetz
EMAF	Ellen MacArthur Foundation
EoL	End of Life
EPR	Extended Producer Responsibility
EPS	Expandiertes Polystyrol
ERDE	Erntekunststoff Recycling Deutschland
EU	Europäische Union
EuPC	European Plastics Converters
FCIO	Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs
FhG	Fraunhofer Gesellschaft e.V.
FMCG	Fast Moving Consumer Goods
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
FSK	Fachverband Schaumkunststoffe und Polyurethane e.V.
GDCh	Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GKV	Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V.
GS1	Global Standards One
HBCD	Hexabromocyclododecan
HDPE	High Density Polyethylene
IAP	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung
IBC	Intermediate Bulk Container
ICT	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologien
IEC	International Electrochemical
IK	Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
ISO	International Organization for Standardization
ITAD	Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
IVV	Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung
IWA	International Workshop Agreement
JRC	Joint Research Centre der EU
KAB	Kohleölanlage Bottrop
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KRV	Kunststoffrohrverband e.V.
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KSM	Kaffeeschlagwerkmühle

---

KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LBF	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit
LCA	Life Cycle Assessment
LDL	Logistikdienstleister
LVP	Leichtverpackung
LULUCF	Land-use, Land-use Change, and Forestry
Mrd.	Milliarde
MVA	Müllverbrennungsanlage
NGO	Non Governmental Organization (Nichtregierungsorganisation)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
PA	Polyamid
PC	Polycarbonat
PE	Polyethylen
PEMRG	PlasticsEurope Market Research Group
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
PRISM	Plastics Recovery Insights and Steering Model
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
POP	Persistent Organic Pollutants
REA	Rauchgasentschwefelungsanlage
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemicals
RED	Renewable Energy Directive
RESAG	Sonderarbeitsgruppe Rezyklateinsatz stärken der UMK
RIGK	Gesellschaft für die Rücknahme Industrieller und Gewerblicher Kunststoffverpackungen mbH
RoHS	Restriction of Certain Hazardous Substances
SAF	Sustainable Aircraft Fuel
SC	Sub Committee
SDG	Sustainable Development Goal der UN
SLF	Schredder-Leichtfraktion
SUP	Single Use Plastic
SVZ	Sekundärrohstoffverwertungszentrum
TC	Technical Committee
THG	Treibhausgas
TUL	Transport, Umschlag, Lagerung
UBA	Umweltbundesamt
UMK	Umweltministerkonferenz der Bundesländer
UMSICHT	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
UNEP	United Nations Environment Programme
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V.

VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VEB	Volkseigener Betrieb
VJS	Vorjahresschätzung
WEEE	Waste of Electrical and Electronic Equipment
WFD	Waste Framework Directive (Abfallrahmenrichtlinie)
WG	Working Group
WKÖ	Wirtschaftskammer Österreich
WWF	Worldwide Fund for Nature
ZSVR	Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister