

## Ökologische Lebenszyklusbetrachtung von Kunststoffserzeugnissen

# Ein Nachweis, der bald von jedem verlangt wird

Produzierende Unternehmen werden vermehrt in die Pflicht genommen, ihre Nachhaltigkeitsaktivitäten auszuweisen und zu kommunizieren. Eine Ökologiebewertung kann hierfür die geforderte Transparenz herstellen. Durch eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus lässt sich ein ökologischer Fußabdruck der Erzeugnisse generieren, um den Kunden die Vorteile und Einsparpotenziale von Kunststoffprodukten in der Nutzungsphase zu vermitteln.



© Stratocaster – stockadobe.com

**S**eit einigen Jahren rückt die Nachhaltigkeit vermehrt in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung und bewirkt, dass Unternehmen zunehmend die ökologischen Folgen ihrer Entscheidungen bewerten [1]. Besonders im produzierenden Gewerbe wird durch die

verschiedenen Stakeholder, wie den Endverbraucher, Kapitalgeber, aber auch durch staatliche Regulierungen, die Herstellung und Entwicklung von Produkten beeinflusst [2]. Der aus der Fertigung resultierende Kunststoffverbrauch wird aufmerksam begutachtet. Die Kunststoff-

abfälle, die in der Produktion und beim Konsumenten anfallen, können bei falscher Entsorgung ganze Ökosysteme sowie die damit verbundenen Nahrungskreisläufe beeinträchtigen [3].

Die richtige Entsorgung und Verwertung von Kunststoffen sind essenziell für

einen nachhaltigen Lebenszyklus. Richtig entsorgt, lassen sich Kunststoffe auf unterschiedliche Weise – sowohl stofflich als auch thermisch – verwerten [4]. Die stoffliche Verwertung stellt die Industrie aktuell noch vor Herausforderungen, da besonders die Integration von recyceltem Kunststoff in vorhandene Produktsysteme Probleme aufwirft [5]. Die Integration neuer Technologien bedarf zudem einer quantifizierten Ökologiebewertung als Entscheidungsgrundlage für die Unternehmen. Die Fertigungsphase weist dabei Potenzial für Verbesserungen auf, da sie einen großen Anteil an den Umweltauswirkungen hat und von der Industrie direkt beeinflusst werden kann [6].

### Nachhaltigkeitsbewertung mithilfe der Ökobilanzierung

Die Ökologiebewertung durch Unternehmen wird in Zukunft immer wichtiger, da sich die Anforderungen an die Nachhaltigkeit eines Betriebs erhöhen. Auch für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) wird es daher immer wichtiger, ihren ökologischen Fußabdruck zu minimieren und ihren Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Es gibt verschiedene Methoden, um die ökologischen Auswirkungen von Unternehmen und Fertigungsprozessen zu bewerten. Eine Möglichkeit ist die sogenannte Ökobilanzierung, bei der alle Auswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung auf die Umwelt von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung betrachtet werden. Sie kann entweder für ein einzelnes Produkt, für Fertigungsprozesse oder für das gesamte Unternehmen durchgeführt werden.

Eine Ökobilanz nach ISO 14040/44 [7, 8] ist eine Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, Prozesses oder einer Dienstleistung über seinen bzw. ihren gesamten Lebenszyklus. Die Methode besteht aus vier Phasen:

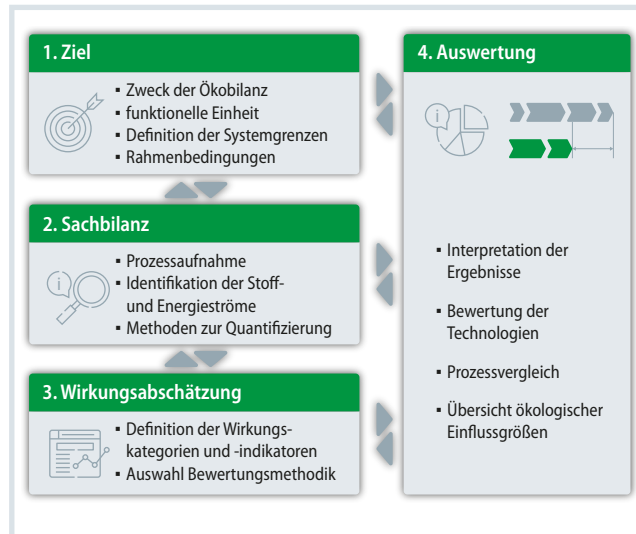
- Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens (engl.: Goal & Scope), in dem das Ziel und die Anforderungen an die Analyse festgelegt werden
- Sachbilanzierung (engl.: Life cycle inventory, LCI), in der die Menge an Ressourcen und Emissionen erfasst wird, die während der Herstellung,

Produktion, Nutzung und Entsorgung des Produkts verbraucht bzw. freigesetzt wird

- Wirkungsabschätzung (engl.: Life cycle impact assessment, LCIA), bei der die erfassten Daten auf einheitliche Weise bewertet werden, um die Auswirkungen auf verschiedene Umweltmedien zu quantifizieren
- Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

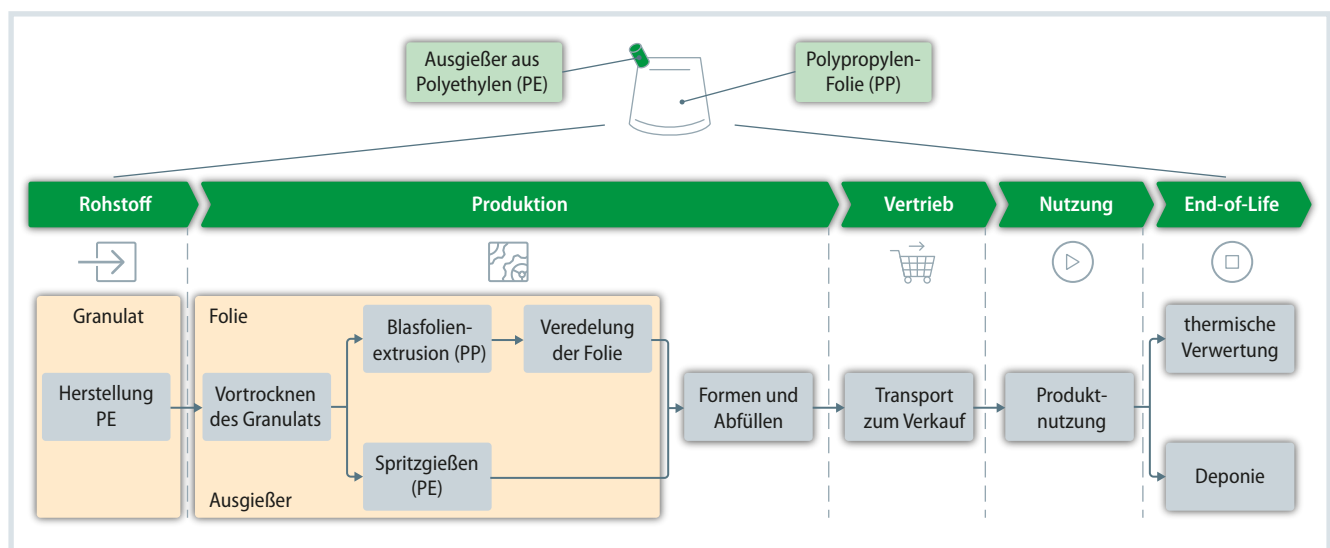
Es ist wichtig zu beachten, dass die Ergebnisse einer Ökobilanz nicht absolut sind, sondern im Vergleich zu anderen Produkten oder alternativen Optionen interpretiert werden müssen (**Bild 1**).

Die Ökobilanz stellt für Unternehmen jedoch eine Reihe von Herausforderungen dar. So erfordert die Durch-

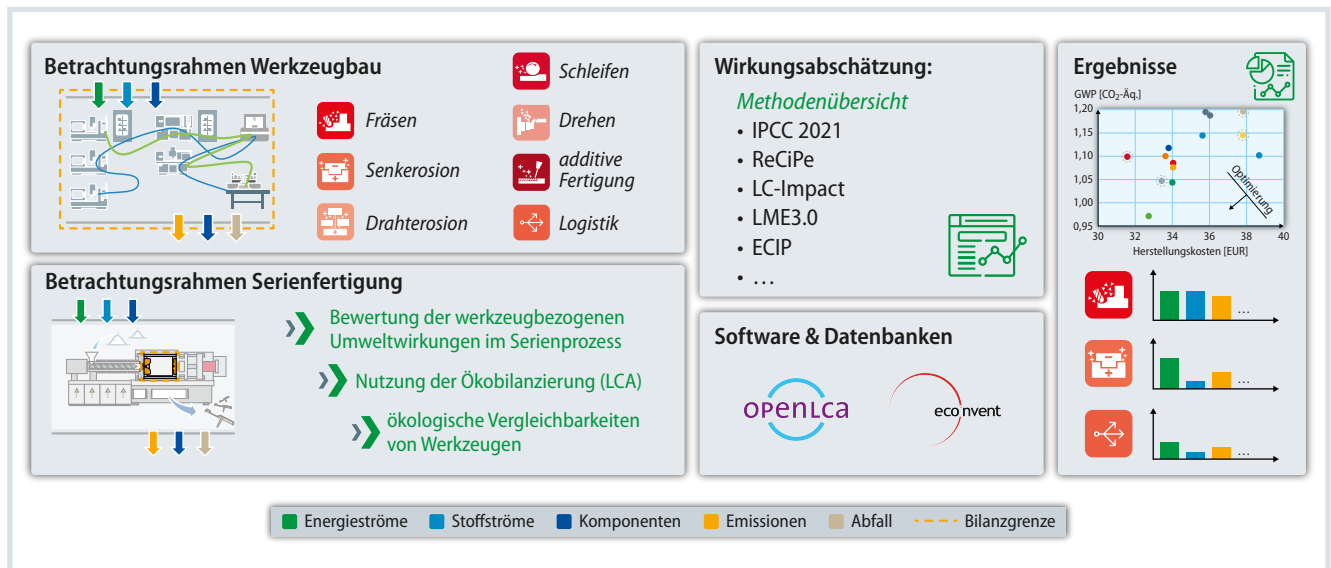


**Bild 1.** Die vier Phasen der Ökobilanzierung. Die Ergebnisse müssen im Vergleich zu Alternativen interpretiert werden.

Quelle: WZL; Grafik: © Hanser



**Bild 2.** Produktsystem zur Herstellung einer Verpackung (Standbodenbeutel mit Ausgießer). In der Ökobilanz werden alle Wertschöpfungsschritte berücksichtigt. Quelle: WZL; Grafik: © Hanser



**Bild 3.** Lebensphasenübergreifende Ökobilanzierung von Kunststoffzeugnissen. Auch das Werkzeug hat großen Einfluss auf die Gesamtbilanz.

Quelle: WZL; Grafik: © Hanser

führung Zeit, Ressourcen und Know-how. Unternehmen müssen die notwendigen Daten sammeln und analysieren, um die Auswirkungen ihrer Produkte oder Dienstleistungen auf die Umwelt zu erfassen. Dies kann insbesondere KMU, die über weniger Ressourcen verfügen, stark beanspruchen. Dennoch bietet die Ökobilanz für Unternehmen eine Reihe von Vorteilen:

- **Transparenz über Umweltwirkungen:** Mithilfe der Ökobilanz können Unternehmen ihre ökologischen Auswirkungen erfassen und den Kundenforderungen nach einer Nachhaltigkeitsberichterstattung für die eigenen Erzeugnisse nachkommen.
- **Mehr Nachhaltigkeit:** Die Ergebnisse einer Ökobilanz geben Unternehmen Anhaltspunkte, wie sie ihre ökologischen Auswirkungen gezielt verbessern können. Dies trägt dazu bei, dass Unternehmen nachhaltiger werden und ihren ökologischen Fußabdruck reduzieren.
- **Imageverbesserung:** Unternehmen, die sich für den Umweltschutz engagieren und ihre ökologischen Auswirkungen verringern, verbessern ihr Image in der Öffentlichkeit und können ihre Kundenbindung stärken.
- **Kosteneinsparungen:** Durch nachhaltiges Agieren können Unternehmen Kosten einsparen, beispielsweise durch den Einsatz erneuerbarer Energien und Recyclingmaterialien oder einen geringeren Ressourcenverbrauch.

- **Rechtslage:** In immer mehr Branchen gibt es rechtliche Vorschriften, die die Durchführung einer ökologischen Bewertung vorschreiben. Mit der Durchführung einer Ökobilanz können Unternehmen sicherstellen, dass sie diesen Vorschriften entsprechen. Insgesamt bietet die Ökobilanz für Unternehmen also eine Reihe von Vorteilen, die sowohl auf die Nachhaltigkeit als auch auf das Image und die Kosten von Unternehmen einwirken. Die Ökobilanzierung kann beispielsweise dazu beitragen, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Unternehmens zu erfassen und zu reduzieren. Diese Informationen können in der nicht finanziellen Berichterstattung dargestellt werden, um das Engagement des Unternehmens für den Klimaschutz zu dokumentieren.

### **Fallbeispiel: Ökobilanzierung eines Standbodenbeutels**

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung öffentlich geförderte Projekt „PlasticBond“ hat die Kreislaufwirtschaft für Kunststoffverpackungen zum Thema. In dem Forschungsprojekt wird die Recyclingfähigkeit, die Ökologiebewertung der Kunststoffverpackungen und die Vernetzung der Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette untersucht. In diesem Rahmen wurde in einer Voruntersuchung eine Ökobilanz für eine Kunststoffverpackung (Standbodenbeutel mit Ausgießer) erstellt, um die anteili-

gen Umweltwirkungen der einzelnen Wertschöpfungsschritte im Lebenszyklus einer Kunststoffverpackung zu identifizieren.

Im betrachteten Produktsystem werden alle Wertschöpfungsschritte berücksichtigt: Granulatherstellung, Produktion von Folie und Ausgießer, Zusammenführen der Komponenten und Befüllen, Transport, Nutzung und thermische Verwertung bzw. Entsorgung auf einer Deponie (**Bild 2**). Die Ökobilanzdaten wurden durch Literaturrecherchen und eine Abfrage in der „Environmental Footprint“-Datenbank der Europäischen Union [9] zusammengetragen (**Tabelle 1**).

Die aufgelisteten Wirkungskategorien sind Klimaänderung, Versauerung, Eutrophierung, Feinstaub, Ressourcenererschöpfung, Humantoxizität und Wassernutzung. Der größte Anteil an den Klimaänderungen wird zu Beginn der Prozesskette durch die Rohstoffherstellung verursacht (70,8%). Die folgenden Prozessschritte sind die Folienextrusion (7,3% der Umweltauswirkungen), Spritzgießen (3,1%), Nachbearbeitung (4,5%), Veredelung (4,5%), Abfüllung (4,5%), Transport (0,9%), Verbrennung (2,9%) und Deponie (0,4%).

Dies bedeutet, dass der größte Anteil der Treibhausgasemissionen, die durch das Produkt verursacht werden, auf die Gewinnung und Bereitstellung der Rohstoffe zurückzuführen ist. Stellhebel zur Reduzierung der Emissionen sind hierfür

Wirkungskategorie	Einheit	Prozessmodul [%]									
		Rohstoff	Vortrocknung	Folienextrusion	Spritzgießen	Nachbearbeitung	Veredelung	Abfüllung	Transport	Verbrennung	Deponie
Klimaänderung	kg CO <sub>2</sub> -Äqu.	<b>70,8</b>	1,0	7,3	3,1	4,5	4,5	4,5	0,9	2,9	0,4
Versauerung Boden	kg SO <sub>2</sub> -Äqu.	<b>69,9</b>	0,7	8,6	3,5	3,7	3,7	3,7	2,0	3,1	0,9
Eutrophierung Süßwasser	kg P-Äqu.	<b>83,6</b>	0,1	0,9	0,4	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0	11,9
Eutrophierung Meer	kg N-Äqu.	<b>69,7</b>	0,8	7,5	2,7	3,5	3,5	3,5	3,7	4,2	1,0
Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> )	Krankheitsrate	<b>62,5</b>	0,9	11,9	4,5	4,0	4,0	4,0	1,4	5,8	1,2
Ressourcenerschöpfung, mineral	kg Sb-Äqu.	<b>60,9</b>	1,5	9,4	4,1	7,0	7,0	7,0	0,2	2,6	0,2
Ressourcenerschöpfung, fossil	MJ Sb-Äqu.	<b>84,0</b>	0,6	4,1	1,8	2,5	2,5	2,5	0,4	1,5	0,2
Humantoxizität – Krebsarten	CTU <sub>h</sub>	<b>95,4</b>	0,1	0,8	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	1,1
Humantoxizität – keine Krebsarten	CTU <sub>h</sub>	<b>86,4</b>	0,3	3,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,0	3,7
Wassernutzung	m <sup>3</sup> Welt Äqu.	<b>45,7</b>	1,2	9,1	4,0	5,0	5,0	5,0	0,3	24,3	0,3

**Tabelle 1.** Ergebnisse der Ökobilanz einer Verpackung (Standbodenbeutel mit Ausgießer). Die Rohstoffherstellung hat den weitaus größten Einfluss in allen Wirkungskategorien. Quelle: WZL

zum Beispiel der Einsatz erneuerbarer Energien bei der Gewinnung und Bereitstellung der Rohstoffe oder die Verwendung von Recyclingmaterialien.

### Der Werkzeugbau als Befähiger einer nachhaltigen Produktion

Daneben ist das eingesetzte Spritzgießwerkzeug ein wichtiger Faktor in der Wertschöpfungskette von Kunststoffzeugnissen. Zum einen bedingt die Qualität des Werkzeugs entscheidend die produzierte Ausschussmenge, zum anderen können Maßnahmen wie zum Beispiel die Reduktion von Angusskanälen oder eine Wärmeisolierung der Werkzeuge die Material- und Energieeffizienz des Serienprozesses erheblich verbessern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass prozessspezifische Verbesserungsmaßnahmen mit einem nur kleinen Einfluss auf das einzelne Produkt über die angestrebte Stückzahl in Summe letztlich doch entscheidend dazu beitragen, den ökologischen Fußabdruck des produzierenden Unternehmens zu verringern.

Aus diesem Grund entwickelt das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen in Kooperation mit der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie ein werkzeugspezifisches Bewertungssystem, um die Umweltwirkungen auf

Technologieebene aufzunehmen und eine lebensphasenübergreifende Bewertung des Werkzeugs zu ermöglichen (**Bild 3**). Ein Ansatzpunkt ist hierfür die Aufnahme und Verarbeitung von Prozessdaten direkt an den Produktionsmaschinen – sowohl im Werkzeugbau als auch in der Spritzgießfertigung. Ermöglicht wird dies durch die Maschinenvernetzung, Datenverarbeitung und -auswertung mithilfe der IOTT-Plattform (Internet of Trusted Things) der WBA. So können westeuropäische Werkzeugbaubetriebe und Kunststoffverarbeiter zukünftig ihre Effizienz und Nachhaltigkeitsbestrebungen im Vergleich zum Wettbewerb aus Osteuropa und Asien für ihre Kunden sichtbar machen.

### Wettbewerbsfähigkeitstest und Vertriebsvorteil

Sowohl Kunststoffverarbeiter als auch Werkzeugbaubetriebe müssen in Zukunft in der Lage sein, ihre Umweltwirkungen zu bewerten. Dafür bedarf es industrieller Standards über Bewertungsmethoden sowie Art und Umfang der Berichterstattung. Weiterhin müssen den Unternehmen anwendbare Lösungen bereitgestellt werden, um die Wettbewerbsfähigkeit der KMU-geprägten Branche aufrechtzuerhalten. ■

## Info

### Text

**Gonsalves Grünert, M.Sc.** und **Christian Lürken, M.Sc.** sind wissenschaftliche Mitarbeiter Technologiemanagement in der Fertigung am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen.

**Dr.-Ing. Sebastian Barth** ist Leiter Industrieberatung – Technologie der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH und Abteilungsleiter Technologiemanagement in der Fertigung am WZL.

### Dank

Das Vorhaben PlasticBond wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02J20E540 gefördert. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung.

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)