

## Prosumenten in der Kreislaufwirtschaft

# Haushaltsnahe industrielle Konsumgüter in einer Postwachstumsökonomie

Die Realität der Klimakrise macht die Zerstörung unserer Umwelt rigoros sichtbar. Jahrzehnte umweltbewussten Handelns scheinen wirkungslos. Denn ohne die Einbeziehung zentraler industrieller Prozesse ist keine Verbesserung möglich. Wir zeigen daher an konkreten Beispielen nachhaltige Lösungen auf.

Von Florian Hörmann und Ralph Kuschke

## 1 Motivation

Der enorme Zuwachs an Konsumgütern ist einerseits sichtbarer Ausdruck unseres gewachsenen Wohlstandes, andererseits Sinnbild unserer Entfremdung und Distanzierung von den tatsächlichen Schäden, die ihre Herstellung auslösen. Alle diese Produkte bringen eine hohe Belastung für unsere Umwelt mit sich, in Form von Ressourcenverbrauch in der Herstellung, Logistikaufwendungen, Elektronikschrott und Plastikmüll.

Auf dem Klimagipfel von Paris haben sich nahezu alle Nationen der Welt auf verbindliche Ziele für die Senkung von CO<sub>2</sub>- und anderen klimaschädlichen Emissionen geeinigt. Es ist zu lesen: „Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels“ (UN 2015, S. 3). Die Bundesregierung hat eine Reihe von Maßnahmen eingeleitet, unter anderem das *Deutsche Ressourceneffizienzprogramm II – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen* (BMU 2016, S. 1). Jedoch wird Deutschland – trotz kurzfristig enormer Einbußen durch die SARS-CoV2 Pandemie – die Ziele weit verfehlen.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist momentan die einzige universal und global anwendbare Metrik, Schäden an Umwelt und Gesellschaft durch Herstellungs- und Verbrauchsprozesse vergleichbar darzustellen. Sie liefert eine erste grobe Orientierung über alle relevanten Elemente. Die tatsächliche Zielsetzung – was lokal an Strukturen geändert werden kann – ist Teil des neu zu denkenden und zu gestaltenden Veränderungsprozesses. Wir verstehen diese Problematik als Aufruf, unsere Lebensgrundlagen direkt vor Ort dauerhaft nachhaltig zu gestalten und Verschwendung und Vernichtung von Ressourcen überall entgegen zu wirken. Die Gesundheit unserer Lebensbedingungen ist bisher nicht Teil der Kalkulation ökonomischer Prozesse und ihrer ökologischen Auswirkungen. Die aktuelle Entwicklung zeigt uns unverrückbar, dass das derzeit vorherrschende

industrielle Prinzip ohne vollständige Bilanz Gesellschaften lokal wie global unwiderruflich zerstört. Eine Veränderung kann daher nur als ganzheitliches Projekt gelingen, das idealerweise befreiend wirkt, jedoch bei fehlender Lenkung schmerzhaft sein kann. Wir als Konsumierende sind direkt verantwortlich, da allein unser Verhalten alle ökonomischen Prozesse grundlegend beglaubigt und ordnet.

Zwar konnte in den vergangenen Jahren der Primärrohstoffeinsatz – die Summe aller für die Produktion aufzuwendenden Grundmaterialien – partiell vom Bruttoinlandsprodukt entkoppelt und damit die Gesamtrohstoffproduktivität gesteigert werden (UBA 2018). Dennoch konnte der absolute Rohstoffeinsatz nicht wesentlich verringert werden, da gleichzeitig der Privatkonsum stark angewachsen ist. So ist der durchschnittliche Privatkonsum pro Haushalt und Monat von 2.061 € (1998), inflationsbereinigt 2.086 €, auf 2.480 € (2016) gestiegen (Statistisches Bundesamt 2018). Das momentan gültige und verwendete ökonomische Prinzip des bedingungslosen Wachstums und Konsums führt nicht zu niedrigerem Ressourcenverbrauch, unabhängig der intendierten Nachhaltigkeit. Nur eine grundsätzliche Reduzierung aller Verbrauchskreisläufe führt zu tatsächlich sinkenden Schäden, aktuell gemessen an geringeren Treibhausgasemissionen. Deshalb werden derzeit in den Wirtschaftswissenschaften alternative theoretische und praktische Konzepte entwickelt, unter anderem die sogenannte Postwachstumsökonomie.

Nach Niko Paech, einem der Vorreiter dieses Konzepts, sollte unsere Konsumgüterversorgung neu strukturiert werden. „Die Transformation zu einer Postwachstumsökonomie entspräche einem Strukturwandel, der neben einer Ausschöpfung aller Reduktionspotenziale (Suffizienz) die verbliebene Produktion graduell und punktuell vom ersten [Anmerkung: globale industrielle Arbeitsteilung] zum zweiten [Anmerkung: Regionalökonomie] und dritten Aggregat [Anmerkung: moderne Subsistenz] verlagern würde“ (Paech 2018, S. 121). Derzeit diskutierte Ansätze, eine Postwachstumsökonomie für Industriegüter zu denken, konzentrieren sich in besonderem Maße auf die Verlängerung der Nutzungsdauer bestehender Industriegüter (Dutz et al. 2015). Die Industriegüterproduktion ist jedoch derzeit nicht auf Nachhaltigkeitsstrategien ausgerichtet. Deshalb ist das Potenzial zur Nutzungsdauerverlängerung beziehungsweise -intensivierung stark begrenzt, wäre jedoch insgesamt hoch, wenn auch das Produktdesign entsprechend optimiert werden würde. Zudem ist eher der gegenläufige Trend eines frühzeitigen Verschleißes, die sogenannte „geplante Obsoleszenz“, zu beobachten (Kreiß 2014). Sie ist eingebettet in die grundlegende Ten-

denz, den Konsumierenden und seinen Verbrauch dauerhaft an die einseitig profitorientierte Wertschöpfungskette zu binden. Da die bisherigen Ansätze für eine Postwachstumsökonomie vornehmlich von Wirtschaftswissenschaftler/innen theoretisch und meist unterhalb der tatsächlichen Güterproduktion geführt wurden, finden vor allem praktische Lösungsvorschläge dort kaum Widerhall. Ohne praktische Umsetzung kann und darf eine ökonomische Theorie nicht bestehen.

Es ist notwendig, sich zuerst direkt mit allen Rahmenbedingungen zur Herstellung haushaltsnaher industrieller Konsumgüter in einer Postwachstumsökonomie zu beschäftigen, um die Versorgung der Bevölkerung sicherzustellen sowie entsprechende Verhaltensweisen vorzustellen und auszuprobieren.

## 2 Produktplanung

Nach der *VDI-Richtlinie 2220* zur Produktplanung ist „die Planung neuer, zukunfts-trächtiger Produkte [...] eine der wichtigsten Maßnahmen zur Sicherung des Unternehmensbestandes“ (VDI 1980, S. 2). Weiter beschreibt die VDI-Richtlinie: „die Produktplanung umfasst auf der Grundlage der Unternehmensziele die systematische Suche und Auswahl zukunfts-trächtiger Produktideen und deren weitere Verfolgung“ (VDI 1980, S. 2). An die Produktplanung schließen sich die Phasen der „Produktrealisierung“ und der „Produktbetreuung“ an. In einer Postwachstumsökonomie ist es jedoch zwingend notwendig, dass bereits zu Beginn beziehungsweise vor einer Produktplanung der Suffizienz ausreichend Gewicht zugeschrieben wird, da die reale Produktionsmenge direkt mit einer Umweltbelastung einhergeht. Folglich darf nicht „[...] die systematische Suche und Auswahl zukunfts-trächtiger Produktideen und deren weitere Verfolgung“ (VDI 1980, S. 2) im Vordergrund stehen, sondern die mentalen und materiellen Bedürfnisse der Bevölkerung, die sich ethisch global und nach dem Gleichheitsprinzip vertretbar erfüllen lassen. Nach dieser Logik werden die Konsumgüter auf Basis von realen Bedürfnissen hergestellt und nicht für den Markt. Dies ist die schwerwiegendste Konsequenz einer Postwachstumsökonomie.

In der *VDI-Richtlinie 2221* zur Methodik des Entwickelns und Konstruierens technischer Systeme und Produkte wird beschrieben, dass „die wettbewerbsfähige Herstellung technischer Produkte [...] entscheidend von der Leistungsfähigkeit des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses beeinflusst“ (VDI 1993, S. 2) wird. Dies gilt auch uneingeschränkt in einer Postwachstumsökonomie, wobei es notwendig ist, die Richtlinie zu erweitern, sodass dem Entwicklungs- und Konstruktionsprozess zwingend weitere Leitplanken zugeschrieben werden, um tatsächlich nachweisbar nachhaltige Produkte herzustellen. Zu diesen Leitplanken gehören lebenslange Lebensdauer, Zerlegen, Zurücklagern für eine Wiedernutzung im eigentlichen Sinne, Upcycling, Instandhaltung und Instandsetzung. Diese Punkte werden partiell in der *VDI-Richtlinie 2243* zur recyclingorientierten Produktentwicklung aus dem Jahr 2002 aufgeführt. Hier ist unter anderem zu lesen: „Das Produkt muss so gestal-

tet werden, dass eine möglichst hohe recyclingbezogene Wertschöpfung bei möglichst geringem Aufwand für das Recycling erreicht wird. Es müssen Bau-, Verbindungs- und Materialstruktur des gesamten Produkts so gewählt und kombiniert werden, dass die definierten Recyclingziele erreicht werden“ (VDI 2002, S. 7). In der tatsächlichen Produktion ist hiervon wenig zu erkennen (z. B. Eisenriegler 2016; Schridde 2014). Ursächlich hierfür ist vermeintlich der Fokus auf eine ökologisch-ökonomische Betrachtung, bei der die Ökologie meist verliert, wie in der *VDI-Richtlinie 2243* beschrieben wird: „Die Umsetzung der Recyclinganforderungen als integraler Bestandteil einer gesamtökologischen Produktoptimierung erfordert eine zielorientierte Vorgehensweise im gesamten Produktentstehungsprozess. Diese beinhaltet unter anderem die Auswahl der ökologisch-ökonomisch bestgeeigneten Recyclingart“ (VDI Juli 2002, S. 9). Auffällig ist die Betonung des Recyclings als zentrale Maßnahme nachhaltiger Produktion. Jedoch ist Recycling niemals umfassend nachhaltig möglich, da die Aufarbeitungsprozesse für die Mehrheit der Materialien selbst sehr viel Energie kosten und zusätzlichen Ressourcenverbrauch mit sich bringen.

In Anbetracht planetarer Wertschöpfungsgrenzen ist die in der *VDI-Richtlinie 2243* postulierte Berechnung der Material-Kreislaufeignung  $KE_M$  ohne nichtbepreiste Folgekosten dargestellt (Formel 1) und folglich nicht konform zum Pariser Abkommen (UN 2015).

$$KE_M = \frac{\text{Kosten Neuware} + \text{Beseitigungskosten [€/kg]}}{\text{Recyclingkosten Sekundärmaterial [€/kg]}}$$

$$\text{Recyclingkosten Sekundärmaterial} = \text{Kosten für Demontage} + \text{Aufbereitung} + \text{Logistik}$$

Das Material ist (bauteilbezogen) kreislaufgerecht,  
d. h. stofflich wirtschaftlich verwertbar, wenn  $KE_M > 1$  ist.

Formel 1: Recyclingorientierte Produktentwicklung (VDI 2002, S. 12)

Aufbauend auf dem direkten Zusammenhang zwischen Treibhausgas-(THG-)Emissionen und der Klimaerwärmung nach dem IPCC-Report (IPCC 2018) sowie dem Pariser Abkommen (UN 2015) ist es notwendig, eine THG-Emissionsbetrachtung anzuwenden. Folglich ergäbe sich für die Material-Kreislaufeignung  $KE_M$  folgender Zusammenhang (Formel 2). Darüber hinaus sind in der Gesamtbetrachtung noch weitere Umweltschäden in die Entscheidungsfindung miteinzubeziehen.

$$KE_M = \frac{\text{THG-Emissionen Neuware} + \text{THG-Emissionen Beseitigung}}{\text{THG-Emissionen durch Recycling-Prozess}}$$

Formel 2: Material-Kreislaufeignung  $KE_M$  nach THG-Emissionen

Die Argumentation einer möglichen Wiederverwendung vor einer sonstigen Verwertung wird im *Kreislaufwirtschaftsgesetz* (KrWG) rudimentär von der Abfallhierarchie in § 6 Absatz 1

KrWG gestützt: „Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen in folgender Rangfolge: 1. Vermeidung, 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung, 3. Recycling, 4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung, 5. Beseitigung.“

### 3 Transformation von Produkten zu Funktionen

Zur Präzisierung der Neuausrichtung des globalen Produktlebenszyklus ist der komplette Prozess von der Produktentstehung mit dem anschließenden Produktlebenszyklus in mindestens zweierlei Hinsicht zu erweitern. Einerseits benötigt es die Erweiterung vom Produkt zu dessen Funktionen, die es über einen deutlich erweiterten Zeitraum zu erhalten gilt. Andererseits müssen die Funktionen mit den regionalen Strukturen abgestimmt werden, um den Funktionsbedürfnissen einer lokalen Gruppe gerecht zu werden. Daraus ergibt sich ein direkt berechenbarer ‚regionaler Funktionslebenszyklus‘. Durch die erweiterte Betrachtung der Produkte auf Basis klarer Funktionen werden direkt alle Faktoren der Reparierbarkeit der Produkte, Strategien gegen frühzeitigen Verschleiß, Modularität sowie ihre Upgrade-Fähigkeit einbezogen. Diese haben direkten Einfluss auf nahezu alle ingenieurstechnischen Disziplinen.

Die Produktion haushaltsnaher Konsumgüter geschieht heute meist in Form von Massenproduktion über weite Teile der Welt in spezialisierten Produktionsumgebungen. Durch die hohe Spezialisierung und die damit einhergehende Steigerung der Produktion ergeben sich traditionell enorme Skaleneffekte, die jedoch vorrangig eine Reduzierung der Herstellkosten erreichen sollen. Da die Neuausrichtung der Arbeitsteilung nicht wie im derzeitigen Wirtschaftssystem die Kostenoptimierung, sondern den Funktionslebenszyklus und die lange Lebensdauer der Produkte im Fokus hat, rücken die Aspekte Suffizienz, Subsistenz und regionale Ökonomie in den Vordergrund. Diese Bedingungen sind disruptiv und benötigen deshalb eindeutige und verlässliche Antworten der Ingenieurwissenschaften.

## 4 Verschwendungsfreiheit

*Lean* soll hier nicht mit den Begriffen „schlank“, „mager“, „effizient“ verstanden werden. Viel treffender lässt sich *lean* mit dem Begriff der Verschwendungsfreiheit oder auch als „Werte schaffen ohne Verschwendung“ (Schuh 2013, S. 3) übersetzen. Nach Ōno werden sieben Verschwendungsarten unterschieden: „In Form von Überproduktion, in Form von Wartezeiten, beim Transport, bei der Bearbeitung selbst, im Lager, in Form überflüssiger Bewegungen, in Form von defekten Produkten“ (Ōno 1993, S. 54).

### 4.1 Grundlegende Lean-Ausrichtung

Von den fünf Grundprinzipien des *lean thinking* „Perfektion, Kundenwert, Wertstrom, Pull, Fluss“ (Schuh 2013, S. 3) kommt den Positionen Kundenwert, Pull und Fluss im Umfeld

einer Postwachstumsökonomie grundlegende Bedeutung zu. Konträr zur aktuellen Industriegüterversorgung, bei der ausgehend von einem Produktplanungsprozess mögliche Absatzmärkte und Produktionen erschlossen werden, rückt das reale Bedürfnis einer Problemlösung an erste Stelle – das Prinzip einer Bedarfswirtschaft. In Bezug zu den sieben Verschwendungsarten dürfen in einer reinen Pull-Produktion nur so viele Einheiten produziert werden, wie auch real benötigt werden. Dadurch wird eine klassische Massenproduktion mit Absatz über zahllose Vertriebs- und Verkaufswege obsolet.

Ein minimaler, global definierter ökologischer Fußabdruck nimmt als Gemeinwohlnutzen den zentralen Stellenwert ein. Eine weitere Konsequenz aus der Kombination von Pull-Prinzip und Kundenwert ist auch, dass der Kunde als Konsumierender in letzter Konsequenz die vorgelagerten Schritte freigeben muss, um seinen Kundenwert zu bestätigen. Das Fluss-Prinzip hat zum Ziel, einen kontinuierlichen Fluss bei geringen Beständen zu erreichen, bei dem die Produkte ohne Wartezeiten bearbeitet werden. Dadurch ist es möglich, auf etwaige Bedarfsschwankungen und Abweichungen *ad hoc* zu reagieren. So werden Fehler schnell erkannt und können direkt adressiert werden. Schwankungen im Bedarf führen zu einer direkten Verringerung der Flussmenge.

### 4.2 Standards

Schuh beschreibt in *Lean Innovation* die Relevanz der Standardisierung für hochwertige Produktionsprozesse: „Standardisierung bedeutet nicht Stillstand in Form einer starren Bürokratie, sondern ist – intelligent eingesetzt – vielmehr die Voraussetzung für kontinuierliche Verbesserung und die Einhaltung hoher Qualitätsstandards“ (Schuh 2013, S. 9). Die Standardisierung des größten Teils der verwendeten Bauteile führt zu einer direkten Reduzierung der Teilevielfalt und übernimmt nach Jodlbauer einen wichtigen Beitrag in der Reduzierung der Komplexität der Produkte. „Dies vereinfacht sowohl die Planung wie auch die Durchführung der Beschaffung und Produktion. Da die Materialien in der Produktentwicklung beziehungsweise Konstruktion generiert werden, ist auch in diesem Bereich der Hebel zur Reduktion der Anzahl der Teile (Sachnummern-Reduktion) anzusetzen“ (Jodlbauer 2008, S. 29).

Für die segmentübergreifenden haushaltsnahen Produkte, welche auf demselben Standardeinzelteilkatalog basieren, ergeben sich aufgrund der Reduzierung auf eine eingeschränkte Auswahl signifikante Vorteile:

- reduzierter Konstruktionsaufwand;
- kostengünstige und fehlerreduzierte Ausgangsprodukte und folglich hohe Prozesssicherheit der Produkte;
- auch bei der Herstellung von Geräten mit geringer Stückzahl kann auf eine hohe Anzahl an Wiederholteilen zurückgegriffen werden;
- langfristige Reparierbarkeit der Produkte aufgrund des höheren Anteils an segmentübergreifenden Wiederholteilen;
- regionale industrielle Subsistenzgemeinschaften (RiS) werden befähigt, unterschiedlichste Produkte herzustellen.

Dies wird möglich, da es die segmentübergreifenden Standardeinzelteile aufgrund der fokussierten Anzahl ermöglichen, dass der zur Verfügung stehende Informationsgehalt zu den jeweiligen Bauteilen deutlich höher werden kann. Hierzu zählen beispielsweise Herstellungsanweisungen, Prüfanweisungen, Klassifizierungsanweisungen nach Verschleißgrad und möglichen Einsatzgebieten und Upcycling-Fähigkeit.

Diese Informationen können neben der Herstellung der Standardeinzelteile zu einer Nutzungsdauerverlängerung dieser und der daraus entstehenden Produkte verwendet werden (Zerlegen, Wiederverwenden, Upcycling, Reparatur). Ein weiterer wichtiger Vorteil ergibt sich aus den verringerten Lagerhaltungskosten und der reduzierten Lagerfläche der Ausgangsprodukte. So ist es möglich, mehrere verteilte Lagerstandorte zu ermöglichen.

Industrielle Konsumgüter bestehen nicht nur aus Standardeinzelteilen/-baugruppen, sondern aus den sich daraus ergebenden Produktionsprozessen. Daher ist es ebenso notwendig, die minimalen Produktionsanforderungen zu standardisieren, um standortunabhängig produzieren zu können.

## 5 Digitalisierung

Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor zur Reduzierung der negativen Umweltauswirkungen durch industrielle Konsumgüter ist die Integration digitaler Netzwerke und Methoden. In diesem Zusammenhang ist insbesondere der derzeitige Megatrend Industrie 4.0 (acatech 2013) zu beleuchten, der zu einer deutlichen Ressourcenschonung führen kann: „Nur wenn es gelingt, die digitalen Umbrüche in Richtung Nachhaltigkeit auszurichten, kann die Nachhaltigkeitstransformation gelingen. Digitalisierung droht ansonsten als Brandbeschleuniger von Wachstumsmustern zu wirken, die die planetarischen Leitplanken durchbrechen“ (WBGU 2019, S. 1).

Bisher hat die Geschichte der Digitalisierung keine nachhaltige Wirkung gezeigt – im Gegenteil. Alle durch sie geprägten Strukturen haben enorm verschwenderische Nebeneffekte erzeugt, sogenannte Reboundeffekte. Insbesondere eine weitere Funktionsintegration der industriellen Konsumgüter zu *cyber physical*-Systemen (acatec 2013) führt zu immer komplexeren Produkten und es ist äußerst fraglich, inwiefern diese Veränderung überhaupt mit den Suffizienzansprüchen der Postwachstumsökonomie in Einklang zu bringen sind. Vereinzelt mögen Ausnahmen die Regel bestätigen, wobei auch der WBGU letztlich konsterniert feststellt: „Sinn und Zweck des digitalen Fortschritts in diesen Zusammenhängen ist nicht in erster Linie die Nachhaltigkeit; Aspekte wie Unterhaltung, Bequemlichkeit, Sicherheit und nicht zuletzt kurzfristige finanzielle Gewinne dominieren“ (WBGU 2019, S. 4).

### 5.1 Informations- und Kommunikationsplattformen

Zentrale Hilfsmittel während des Lebenszyklus eines industriellen Konsumgutes in einer Postwachstumsökonomie sind zweifelsohne digitale Kommunikations- und Informations-

*„Zur Reduzierung der negativen Umweltauswirkungen durch industrielle Konsumgüter ist die Integration digitaler Netzwerke und Methoden ein wichtiger Erfolgsfaktor.“*

plattformen. Sie helfen zu vernetzen und komplizierte Zusammenhänge zu beherrschen und für alle Prosumenten leicht zugänglich zu machen. Es ist notwendig, alle praktischen Erfahrungen transparent zu konsolidieren und den Prosumenten zur Verfügung zu stellen. Da individuell hergestellt wird, ergibt sich eine persönliche Verbindung zum Gerät. Dieser psychologische Moment ist tatsächlich von wesentlicher Bedeutung. Er kann helfen, die jetzige Abhängigkeit von virtuellen, rein dem Konsum untergeordneten Bedürfnissen abzulösen.

Neben der reinen Informationsbereitstellung ist es für die Herstellung industrieller Konsumgüter sinnvoll, die virtuelle Produktentwicklung zu integrieren, um frühzeitig das Qualitätsniveau anzuheben und vorzeitige Ausfälle zu verhindern beziehungsweise Bedarfskonformität durch Simulationen sicherzustellen. Digitale Assistenzsysteme können ebenso helfen, die Komplexität in der Fertigung und Montage zu beherrschen. „Mit intelligenten Brillen, Armbändern und Handschuhen – sogenannte ‚Wearables‘ – existieren zahlreiche technologisch innovative Möglichkeiten zur Mitarbeiterunterstützung, deren Potenzial es für die Produktion zu erschließen gilt“ (KME 2016, S. 1).

### 5.2 Programmierung

Eine besondere Hürde in der Herstellung von industriellen Konsumgütern ist die individuelle Bauteilherstellung beziehungsweise die Anpassung der Standardkomponenten und Baugruppen auf den individuellen Anwendungsfall. Der Grund hierfür liegt in der aufwendigen Bedienung der Werkzeugmaschinen. Nach Finalisierung der Konstruktion liegen die Baugruppen und Einzelbauteile zwar vollständig in der CAD-Software vor. Danach sind jedoch zwei Hürden bis zum fertigen Bauteil zu nehmen: einerseits die Erstellung von NC-Programmen zur Ansteuerung der Werkzeugmaschine, andererseits die anschließende Herstellung der Bauteile. Beide Schritte erfordern aktuell eine spezialisierte Ausbildung der Mitarbeitenden, die in Deutschland in anerkannten Ausbildungsberufen erfolgt. Um die Prosumenten zu befähigen, selbst die Bauteile und Baugruppen herzustellen, anzupassen oder instand zu setzen, ist es zwingend erforderlich, die Bauteilherstellung auf den Werkzeugmaschinen weitestgehend zu automatisieren und

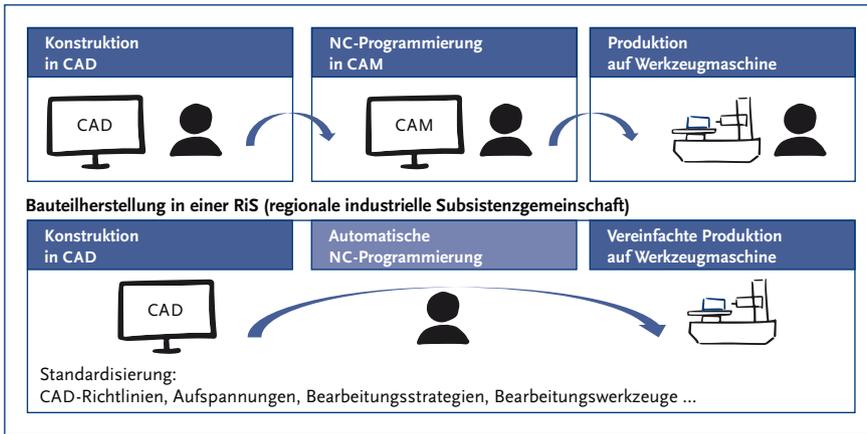


Abbildung 1: Konventionelle Bauteilherstellung versus Bauteilherstellung in einer RiS anhand automatisierter NC-Programmierung und standardisierter Produktion

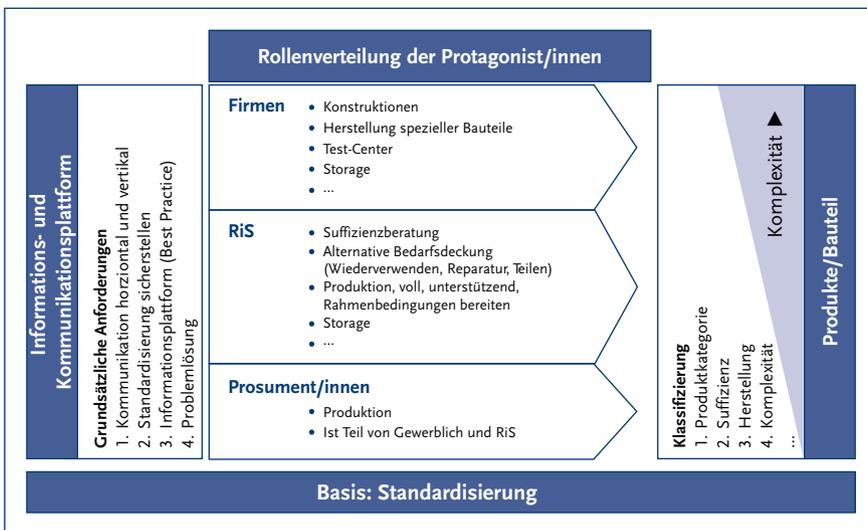


Abbildung 2: Zusammenhang der Informations- und Kommunikationsplattform, Protagonist/innen und Produkte

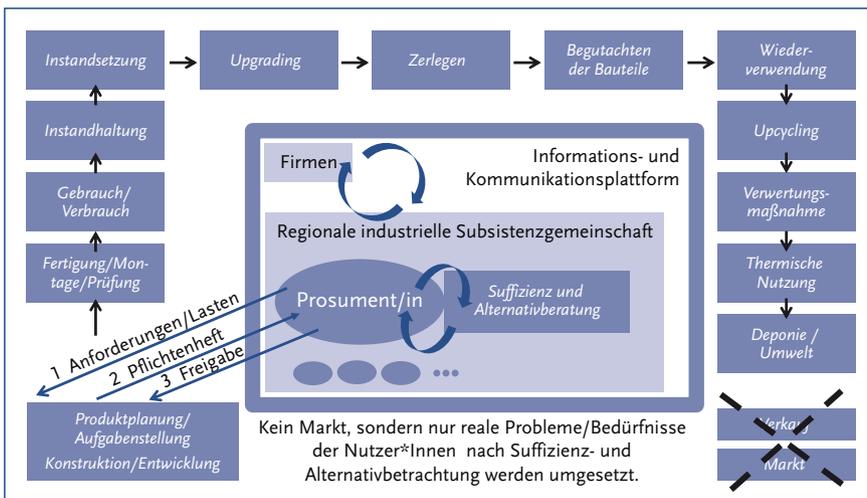


Abbildung 3: Die Prosumenten im Zentrum des Produktlebenszyklusmodells

zu standardisieren. Dies bedeutet, dass nach der CAD-Erstellung anhand automatisierter CAM-Programmierung ein lauffähiges NC-Programm erstellt wird, das von den Prosumenten mithilfe standardisierter Aufspannungen auf der Bearbeitungsmaschine selbst ausgearbeitet werden kann (Abbildung 1). Im Zuge einer Forschungsarbeit ist es gelungen, eine Semi-Automatisierung der Teileherstellung im 2,5-D-Bereich durchzuführen. Durch diese Optimierung können heute im 2,5-D-Bereich auch Laien ein NC-Programm mit vertretbarer Einarbeitungszeit erstellen (Hörmann et al. 2019). Folgendes Video illustriert die automatische Programmierung: [https://youtu.be/RG\\_DhwcWuN0](https://youtu.be/RG_DhwcWuN0).

## 6 Rollenverteilung der Protagonisten

Im Gegensatz zur subsistenten Herstellung von Nahrungsmitteln benötigen industrielle Konsumgüter Herstellungsfaktoren mit spezialisiertem Know-how, das in komplizierten und umfangreichen Ausbildungen erworben werden muss. Diese Prozesse werden derzeit in Unternehmen als markanter Wettbewerbsvorteil aufwendig geschützt und verteidigt. Nachhaltige industrielle Produktion muss dieses Diktum überwinden. Alle notwendigen Prozesse müssen transparent und frei zugänglich sein.

Die Prosumenten zeichnen sich als „normale“ Nutzende aus, die Zugang zu einer regionalen industriellen Subsistenzgemeinschaft haben und sich im Rahmen ihrer Fähigkeiten und zeitlichen Verfügbarkeit einbringen.

Die RiS greifen bereits mit dem Bedarf der Prosumenten in das Geschehen ein. Über die RiS können folglich in Zusammenarbeit mit den Prosumenten zunächst die Suffizienz betrachtet und die Bedürfnisse analysiert und konkretisiert werden. In den RiS bestehen Möglichkeiten, über alternative Ansätze wie Teilen, Reparatur oder Wiederverwendung die grundlegenden Bedürfnisse zu decken. Über eine transparente Plattform kann die Entwicklung angestoßen und begleitet oder auf bestehende Lösungen

zurückgegriffen werden. Insbesondere der beratenden Funktion zu Alternativen kommt eine besondere Gewichtung zu, da in einer Postwachstumsökonomie die Erfüllung der Funktion und nicht der Besitz des Produktes im Vordergrund steht. Die RiS bietet die Rahmenbedingungen für die Herstellung und lebenslange Begleitung der Produkte. Es kann beispielsweise auf Produktionsanlagen und Erfahrung zugegriffen werden. Die Aufgaben der RiS umfassen die Beratung und Unterstützung in den Feldern Teilen, Instandhaltung, Instandsetzung, Wiederverwenden, Ein- beziehungsweise Rücklagern, Produktion im Sinne der Fertigung, Montage und Prüfung sowie Zerlegen.

Abbildung 2 zeigt die Einbindung der Protagonist/innen Firmen, RiS und Prosumenten in die Informations- und Kommunikationsplattform als auch in Abhängigkeit von der Komplexität der Produkte und der Bauteile. Mit steigender Komplexität werden die Tätigkeiten zunehmend von RiS und Firmen übernommen.

## 7 Zielzustand

Die Herstellung haushaltsnaher industrieller Konsumgüter für eine Postwachstumsökonomie fußt auf einem vollständig geänderten Produktlebenszyklusmodell, bei dem die Prosumenten und die absolute Transparenz der Produktion und Wertschöpfung im Zentrum stehen (Abbildung 3). Die Arbeitsteilung erfolgt zwischen Prosumenten, RiS sowie Firmen aus der Erwerbsarbeit, die nach dem Pull-Prinzip für spezialisierte Dienstleistungen hinzugezogen werden können.

Die folgenden Unterkapitel zeigen exemplarische Abläufe für zwei haushaltsnahe industrielle Konsumgüter: einen Handmixer und eine Jeans. Aufgrund unterschiedlicher Interessen und Talente wird es nicht möglich sein, dass Prosumenten alle haushaltsnahen Produkte herstellen können. Sofern jedoch in Prosumenten-Netzwerken gedacht wird, kann es zu einem Ausgleich der Talente und Dispositionen kommen.

### 7.1 Beispielhafte Umsetzung an einem Handmixer

Eine Studie des Umweltbundesamtes zur Nutzungsdauer von Haushaltsprodukten zeigt einen eindeutigen Trend: „Die Analyse bestätigt [...], dass die Erst-Nutzungsdauer von den meisten untersuchten Produktgruppen in den letzten Jahren abgenommen hat“ (Prakash et al. 2016, S. 5). Im Bezug auf das Beispiel Handmixer gilt: „Im Mittel werden Handrührgeräte 10 Jahre alt“ (Prakash et al. 2016, S. 222) und „34% der Befragten sind unzufrieden mit der Lebensdauer ihres Handrührgerätes. 60% sind zufrieden“ (Prakash et al. 2016, 225). Dies hat zur Konsequenz, dass ein Nutzender notgedrungen zahlreiche Handmixer erwirbt und entsorgt. Ursache hierfür ist neben technischen Defekten vor allem die sogenannte „psychologische Obsoleszenz“: „Güter, die noch ohne technische oder physische Einschränkung gebrauchsfähig sind, werden vor allem durch Marketingmaßnahmen als obsolet, überholt empfunden und durch den Verbraucher ausgetauscht“ (Kreiß 2014, S. 32). Die Studie des Umweltbundesamtes beschreibt:

„Bei 52% der Geräte war der Grund für die Entsorgung nicht ersichtlich, da keinerlei Mängel in Bezug auf die Technik, die Mechanik oder das Design festgestellt werden konnten“ (Prakash et al. 2016, S. 25). Dabei steigt die Umweltbelastung mit der Anzahl der ersetzten Geräte enorm an, unabhängig vom Austauschgrund.

In der angedachten Postwachstumsökonomie würden die Prosumenten bei Bedarf eine RiS aufsuchen, um das aktuelle Bedürfnis – ein funktionierender Handmixer – abzuklären. Auf Basis dieser Beratung kann es bereits zu einem Abbruch des Bedarfs kommen, wenn durch andere Praktiken das Bedürfnis befriedigt wird. Ein Beispiel dafür wäre, wenn es durch alternative Ansätze oder Angebote zu einem Geräteverleih, zu einer Reparatur des Altgeräts oder zu einem Verkauf eines gebrauchten Geräts kommt. Sofern diese Alternativen nicht zum Zuge kommen und eine Geräteherstellung notwendig ist, wird ausgehend von den Bedürfnissen auf der Informations- und Kommunikationsplattform nach möglichen Modellen gesucht. Die Konstruktionsmodelle basieren auf einem segmentübergreifenden standardisierten Einzelteil- und Baugruppenkatalog, der eine verschwendungsfreie Herstellung ermöglicht. Ein Bewertungssystem gibt darüber hinaus Auskunft über Ausfallwahrscheinlichkeiten und derzeitige Schwachstellen der vorhandenen Handmixermodelle. Aufgrund dessen, dass Handmixer weitverbreitet sind, dürfte keine Anpassungs- oder Neukonstruktion notwendig sein. Damit ist ein rascher Produktionsstart möglich. Insbesondere bei den Handmixern dürfte der Anteil der sogenannten Wiederholteile, wie beispielsweise der Antriebseinheit, nur wenige anzufertigende Bauteile betragen.

Die benötigten Bauteile werden an dem RiS-internen 3-D-Drucker geplottet und an den RiS-internen Fräsmaschinen anhand der automatischen CAD-CAM-Schnittstelle hergestellt. Die standardisierten Einzelteile und Baugruppen werden aus dem lokalen Lager bereitgestellt und der Handmixer kann durch die Prosumenten in den Räumlichkeiten des RiS montiert werden. Hierzu bietet die Informations- und Kommunikationsplattform weitere Hilfestellungen wie Montagevideos, Prüfmerkmale sowie weitere nützliche Tipps und Tricks für die Nutzer. Nach einem finalen Test der elektrischen Konformität durch einen Elektriker des RiS kann der Handmixer benutzt werden. In der weiteren Gebrauchszeit treten Instandhaltungsmaßnahmen wie Reinigung oder Nachfetten auf, die von den Prosumenten allein durchgeführt werden können. Bei notwendiger Instandsetzung kann das Produkt einfach repariert werden, da der Handmixer zuvor in der RiS hergestellt wurde und folglich auch wieder vollständig lokal instand gesetzt werden kann.

Sofern der Handmixer aus dem Verkehr gezogen wird, wird dieser in der RiS demontiert. Alle Teile können aufgrund einer eindeutigen Nummer direkt zurückgelagert werden. Eine Prüfanweisung für die Teile stellt sicher, dass nur funktionsfähige Bauteile zur weiteren zukünftigen Verwendung eingelagert werden.

## „Die Herstellung haushaltsnaher industrieller Konsumgüter für eine Postwachstumsökonomie fußt auf einem vollständig geänderten Produktlebenszyklusmodell.“

### 7.2 Beispielhafte Umsetzung an einer Jeans

Beim Neubedarf einer Jeans kann das RiS den Prosumenten einen initialen Body-Scan zur Verfügung stellen, anhand dessen die eigene Person virtuell abgebildet wird, um anschließend in der virtuellen Umgebung unterschiedliche Schnitte und Stoffmuster auszusuchen. Reale Stoffe mit weiteren Informationen zu Haltbarkeit und Reinigung können in der RiS getestet werden. Nach Auswahl von Schnitt und Muster kommt es zu einem vollautomatischen Zuschnitt und der Beschriftung der einzelnen Teile auf einem 2-D-Cutter. Die Herstellung der Jeans erfolgt in der RiS durch die Prosumenten unter Zuhilfenahme von digitalen Anleitungen und intuitiven Assistenzsystemen.

Bei einem späteren Defekt an der Jeans wird die RiS zu einer Reparatur aufgesucht, bei der Reparaturzuschnitte und Anleitungen zur Verfügung gestellt werden. Bei Kinderhosen, die zu bestimmten Lebensphasen meist an den Knien erste Defekte aufzeigen, können spezielle Schnitte ausgewählt werden, die eine einfache Reparatur in diesem Bereich bereits vorsehen. Dies würde helfen, den Reparaturaufwand deutlich zu reduzieren.

## 8 Ausblick

Es ist das Ziel, an der Hochschule Augsburg im Werkzeugmaschinenlabor der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik am Beispiel eines Handmixers eine regionale industrielle Subsistenzgemeinschaft als Reallabor aufzubauen und zu betreiben.

### Literatur

- BMU (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit.
- Dutz, K./Paech, N. (2015): Ramsch – Müllhalde des Fortschritts? Strategien gegen die Vernutzung der Welt. In: Wespennetz 168: 46–50.
- Eisenriegler, S. (2016): Konsumtrottel. Wie uns die Elektro-Multis abzocken und wie wir uns wehren. Wien, edition a.
- Hörmann, F./Nuschele, L. (2019): In fünf Minuten vom CAD-Modell zum fertigen NC-Code. In: MM Maschinenmarkt 125/25: 71–73.
- IPCC (2018): Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Genf, International Panel on Climate Change.
- Jodlbauer, H. (2008): Produktionsoptimierung. Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung. Wien, Springer.
- KME (2016): Zukunft durch Innovation und Forschung. Digitale Assistenzsysteme in der variantenreichen Fertigung und Montage. [https://www.igcv.fraunhofer.de/content/dam/igcv/de/docs/Projektdokumente/Themenblatt\\_Digitale%20Assistenzsysteme.pdf](https://www.igcv.fraunhofer.de/content/dam/igcv/de/docs/Projektdokumente/Themenblatt_Digitale%20Assistenzsysteme.pdf)
- Kreiß, C. (2014): Geplanter Verschleiß. Wie die Industrie uns zu immer mehr und immer schnellerem Konsum antreibt. Und wie wir uns dagegen wehren können. München, Europa.
- Öno, T. (1993): Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt a. M., Campus.
- Paech, N. (2018): Postwachstumsökonomik. In: Kümmel, R./Lindenberger, D./Paech, N. (Hrsg.): Energie, Entropie, Kreativität. Berlin, Springer. 101–136.
- Prakash, S. et al. (2016): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt.
- Schridde, S. (2014): Murks? Nein danke! Was wir tun können, damit die Dinge besser werden. München, Oekom.
- Schuh, G. (2013): Lean Innovation. Berlin, Springer.
- Statistisches Bundesamt (2018): Struktur der Konsumausgaben im Zeitvergleich: Deutschland. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Konsumausgaben-Lebenshaltungskosten/Tabellen/liste-private-konsumausgaben-d.html>
- acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. München, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- UN (2015): Paris Agreement. New York, United Nations.
- UBA (2016): Indikator: Gesamtrohstoffproduktivität. <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-gesamtrohstoffproduktivitaet>
- VDI (1980): Produktplanung. Ablauf, Begriffe und Organisation. VDI 2220. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI (1993): Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. VDI 2221. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI (2002): Recyclingorientierte Produktentwicklung. VDI 2243. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure.
- WBGU (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Zusammenfassung. Berlin, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

### AUTOREN + KONTAKT

**Dr.-Ing. Florian Hörmann** ist Professor für Fertigungstechnik und Lean-Production an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Augsburg.

Hochschule Augsburg, Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik in der Produktionstechnik, An der Hochschule 1, 86161 Augsburg.  
E-Mail: [f.hoermann@hs-augsburg.de](mailto:f.hoermann@hs-augsburg.de),  
Tel.: +49 152 29283328,  
Website: <https://www.hs-augsburg.de/>

**Ralph Kuschke** ist Wissenschaftsgeschichtler und Privatier und arbeitet zu den gesellschaftlich auftretenden Konflikten und Veränderungsprozessen in Bezug auf die Klimakrise.

Ralph Kuschke, E-Mail: [Ralph.kuschke@web.de](mailto:Ralph.kuschke@web.de),  
Tel.: +49 151 67523154

