

Kriterien wirtschaftlicher Stoffkreisläufe in Industrieunternehmen

Hans-Jürgen DONNERT, Hochschuldozent Dipl.-Ing. oec.Dr.sc.oec.; Jahrgang 1947; Studium der Ingenieurökonomie der chemischen Industrie an der Technischen Hochschule Merseburg/Sachsen-Anhalt, wissenschaftlicher Assistent und Promotion 1975; Habilitation 1985 an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, seit 1988 Hochschuldozent für Ingenieurökonomie, Fachgebiet Produktpolitik; an der TH Merseburg, über 90 Veröffentlichungen.

Wirtschaftliche Stoffkreisläufe und recyclinggerechte Erzeugnis- und Verfahrensgestaltung stehen in unmittelbarer Wechselbeziehung zu den ökologischen Fragen und Problemen, die die moderne Industriegesellschaft beschäftigen. Während sich in zunehmendem Maße Naturwissenschaftler und Techniker, Volkswirtschaftler, Soziologen und Philosophen sowie Vertreter vieler Spezialdisziplinen mit dieser Materie auseinandersetzen, leistet die Industriebetriebslehre bisher dazu eher einen bescheidenen Beitrag.

Im folgenden Aufsatz werden Kriterien wirtschaftlicher Stoffkreisläufe anhand eines ergebnisbezogenen und eines unternehmensbezogenen Ansatzes aufgezeigt und ihre Anwendung für Industrieunternehmen diskutiert.

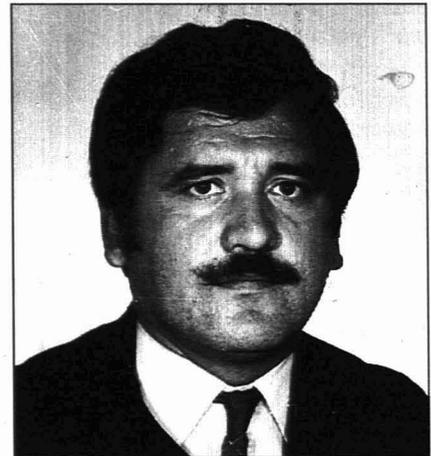
1. Wirtschaftliche Stoffkreisläufe in der Industriebetriebslehre

Der »klassische« und in einer modernen Industriegesellschaft überholte Typ der Produktion ist der gesellschaftliche Produktionsprozeß, der mit der Gewinnung natürlicher Rohstoffe beginnt, sich über mehr oder weniger relativ selbständige Produktionsstufen fortsetzt und mit der Produktion volkswirtschaftlicher Finalprodukte (in Form von Anlagegütern und Konsumgütern) endet, wobei die in den einzelnen Produktionsstufen entstehenden Produktionsabfälle und die Rückstände des Konsums der Finalprodukte wieder in die Natur ausgestoßen werden.

Volkswirtschaftliche Stoffkreisläufe beginnen dort, wo Finalprodukte, die ihren Gebrauchswert verloren haben, oder Abfälle der Produktion bzw. Konsumtion als Nutzstoffe wieder in den gesellschaftlichen Produktionsprozeß desselben oder anderer volkswirtschaftlicher Finalprodukte eintreten. Je mehr »Rückstände« der Produktion und Konsumtion in den gesellschaftlichen Produktionsprozeß zurückkehren - direkt oder nach spezieller Aufbereitung - umso höher ist der Grad der »Geschlossenheit« des Stoffkreislaufes. Allerdings sind vollständig in sich geschlossene volkswirtschaftliche Stoffkreisläufe sowohl aus wissenschaftlich-technischen, energetischen als auch aus ökonomischen Gründen nicht möglich. Stoffkreisläufe in der Wirtschaft sind dadurch gekennzeichnet, daß Produktionsabfälle aus verschiedenen aufeinanderfolgenden Stufen des gesell-

schaftlichen Produktionsprozesses sowie Altstoffe und Konsumtionsabfälle ganz oder teilweise, direkt oder nach spezieller Aufbereitung in vorangehenden Stufen wieder als Nutzstoffe eingesetzt und verwertet werden. In sich geschlossene Stoffkreisläufe in der Wirtschaft tragen zur Minderung des Verzehrs natürlicher Ressourcen bei, verringern die Belastung der Umwelt durch Rückstände der Produktion und Konsumtion, vergrößern das verfügbare Rohstoffaufkommen und erhöhen insgesamt die Effektivität der gesellschaftlichen Arbeit. Bei der zielgerichteten Herausbildung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe müssen die beiden prinzipiellen »Quellen« der Rückstände, ihre Spezifika und die daraus resultierenden Beeinflussungsmöglichkeiten beachtet werden [1]:

- Abfälle entstehen im Produktionsprozeß sowie bei der individuellen und gesellschaftlichen Konsumtion. Produktionsabfälle stellen sich als Teil der materiellen Substanz der eingesetzten Arbeitsgegenstände dar, der nicht in das Produkt der jeweiligen Produktionsstufe eingegangen ist. Nach der Art ihrer Entstehung bzw. technologischen Verursachung sind das vor allem
 - Abfälle aus Ur- und Umformprozessen
 - Zerspanungsabfälle
 - Verschnittabfälle
 - Abrieb
 - Verarbeitungsrückstände stoff- und energiewandelnder Verfahren (also Schlacken, Aschen, Filter- und Extraktionsrückstände usw.).
- Ihrem Wesen nach zählen zu den



Produktionsabfällen auch Abgase, Abwässer und Abwärme. Als Konsumtionsabfälle stellen sich alle Teile von Verbrauchsgütern der individuellen und gesellschaftlichen Konsumtion mit Ausnahme der dort anfallenden Altstoffe dar.

- Altstoffe sind hingegen volkswirtschaftliche Finalprodukte - Arbeitsmittel und Gebrauchsgüter der individuellen und gesellschaftlichen Konsumtion - deren Nutzungsdauer erloschen ist, weil sie ihren ursprünglichen Gebrauchswert ganz oder teilweise verloren haben, deren materielle Substanz jedoch erhalten geblieben ist und die daher unter bestimmten Bedingungen (Erfassung, Sammlung, Aufbereitung) von neuem als Arbeitsgegenstand in den gesellschaftlichen Produktionsprozeß eintreten können.

Vor allem Industrieunternehmen stehen unter dem Aspekt der Herausbildung und weiteren Vervollkommnung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe im wesentlichen vor vier wichtigen Aufgabenkomplexen:

Erstens: die Bestimmung und Gewährleistung einer optimalen Erzeugnisqualität und einer damit verbundenen optimalen Nutzungsdauer der Erzeugnisse. Das ist der ergebnisbezogenen Ansatzpunkt zur Herausbildung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe:

Zweitens: die bessere Verwertung der für die Produktion von Erzeugnissen verfügbaren Rohstoffe, Materialien und Energieträger - also die Abfallminimierung oder sogar -beseitigung. Hierbei handelt es sich um den verfahrens- und technologiebezogenen Ansatzpunkt einer rationellen Stoffkreisgestaltung.

Drittens: Rationelle Erschließung bzw. Verwer-



tion der Inhaltsstoffe aus jenen Produktionsabfällen, die nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik unvermeidbar sind (sowie aus Konsumtionsabfällen).

Viertens:

Geordnete Deponierung gegenwärtig noch nicht verwertbarer Abfälle und Altstoffe oder deren schadlose Beseitigung im Rahmen der jeweiligen Gesetzgebung.

2. Der ergebnisbezogene Ansatzpunkt wirtschaftlicher Stoffkreisläufe

Vor dem Erzeugnisentwickler steht die anspruchsvolle Aufgabe, Erzeugnisse zu entwickeln, welche neben anderen bedarfsgerechten Gebrauchseigenschaften auch die Gebrauchseigenschaft »stoffkreislauf- bzw. recyclinggerecht« aufweisen. Diese Gebrauchseigenschaft ist Bestandteil des Gebrauchswertes eines Erzeugnisses und erhöht oder senkt diesen - je nachdem, wie es dem Erzeugnisentwickler gelingt, diese Eigenschaft bedarfsgerecht auszuprägen. In ein hohes Niveau einstuftbar sind Erzeugnisse dann, wenn die daran eingegangenen Rohstoffe, Materialien und Energieträger möglichst lange im Nutzungsprozeß verbleiben, wenn also eine optimale Nutzungsdauer z.B. einer Anlage, einer Maschine oder eines Gerätes erreicht wird. Das ist zugleich ein wesentliches Qualitätskriterium. Insbesondere durch einen günstigen Korrosionsschutz, durch leichte Austauschbarkeit von Teilen und Baugruppen sowie durch rekonstruktionsfreundliche Gestaltung von Anlagen kann die Nutzungsdauer verlängert werden. International hat sich der Begriff »Maschinenrecycling« herausgebildet, der insbesondere das Regenerieren von Maschinen, Anlagen und Anlagensystemen umschließt. Durch eine längere Nutzungsdauer wird der Aussonderungszeitpunkt und damit der Zeitpunkt des Anfalles von Altstoffen relativ verzögert. Mit der vornehmlich durch den Erzeugnisentwickler - aber auch durch den Erzeugnisanwender - beeinflussbaren Nutzungsdauer von industriellen Erzeugnissen wird damit der volkswirtschaftliche Stoffkreislauf wesentlich beeinflusst.

Recyclingqualität besitzen auch jene Erzeugnisse, die es ermöglichen, zum Zeitpunkt der Aussonderung die Inhaltsstoffe (Nutzmaterial bzw. Sekundärrohstoffe) leicht zurückzugewinnen. Allerdings werden hierbei das Veredelungslevel eingesetzt Werk-

stoffe und die vergegenständlichte Arbeit sowie Energie nicht so optimal ausgenutzt wie im ersten Fall. Eine besondere Bedeutung hat hierbei das in einer Reihe von Staaten praktizierte »Verursacherprinzip« erlangt. Es schließt ein, daß Unternehmen es zum Bestandteil ihrer Produktstrategie machen, die Wiederverwendung der Inhaltsstoffe von ausgesonderten Wirtschaftsgütern bzw. konsumierten Erzeugnissen langfristig zu klären.

Der Käufer eines Erzeugnisses wählt zunehmend auch danach aus, ob es recycling- bzw. ökologiegerecht ist. Insofern ist festzustellen, daß seitens der Verbraucher und der Anwender von Erzeugnissen - sowohl von Produktions- als auch von Konsumtionsmitteln - ein beachtlicher Druck in einer Richtung ausgeübt wird, mit der die Herausbildung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe gefördert wird.

Tabelle 1 zeigt den ergebnisbezogenen Ansatz der Herausbildung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe am Beispiel elektronischer Erzeugnisse.

der Tat notwendig, dem unternehmensbezogenen Ansatz wirtschaftlicher Stoffkreisläufe wesentlich höhere Aufmerksamkeit zu widmen. Zuerst wird dabei an die Einbeziehung von Energie-, Entsorgungs- und allgemeinen Umweltaspekten in zukunftsorientierte Betrachtungen zu den Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung der industriellen Produktion eines Unternehmens und seinem Umfeld gedacht [2]. Anknüpfend an mögliche ökologische Gefährdungen wird dem besseren Nutzen vorhandener menschlicher Ressourcen in den Industrieunternehmen ebenfalls ein neuer Stellenwert gegeben: »Wir in der Industrie fühlen, es ist jetzt an der Zeit, daß es für alle Betriebe, die potentielle Umweltverunreiniger durch Flüssiggas oder Partikelemission sind, obligatorisch wird, ihre Belegschaft an kurzen, aber informativen Lehrgängen über Umwelterziehung teilnehmen zu lassen. Zu oft passiert es, daß die Firmen die Umwelt nicht unbedingt durch Unfälle oder die Art der Projektierung verunreinigen, sondern durch

Kabeln und Leitungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trennung von Mehrstoffsystemen (Fe, Al, Plaste) 2. Recycling von Kabelplaste 3. Verbundmetallrecycling Al/Cu, Fe/Cu 4. Kabelbergung/-zerlegung nach Außerbetriebsetzung 5. Kabeltrommelrecycling
Elektromaschinen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trennung von Cu/Fe aus Motoren, Trafos... 2. industrielle Motorenschrott-Aufbereitung 3. Nutzungsdauerverlängernde Maßnahmen wie Regenerierung 4. Aufarbeitung von Motoren aus verschrotteten Erzeugnissen
elektrische Schalt- und Verteilungsanlagen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rückgewinnbarkeit von Edelmetallen aus Kontaktelementen (Kennzeichnung, Zerletechnologie ...) 2. Recycling von Leiterplattenschrott 3. demontagefreundliche Konstruktion 4. Erweiterungs-, Rekonstruktions-, Anpassungsfähigkeit
Elektrogeräte einschließlich Konsumgüter	<ol style="list-style-type: none"> 1. demontagefreundliche Konstruktion, Trennung von Baugruppen 2. Erfassung verschrotteter Geräte 3. Recycling von Bildröhren 4. Wiederverwendung von Schrotteilen (Motoren, Normteile ...)
Fahrzeugelektrik einschließlich galvanische Elemente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erfassung von Teilen zwecks Regenerierung/Werkstoffrückgewinnung 2. Elektrobaugruppenanordnung oder -trennung in Kfz 3. Akkumulatorenrecycling
Lichttechnische Erzeugnisse einschließlich Foto/Kino	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recycling von Leuchtenbauteilen (Inhaltsstoffverwertung) 2. Erfassung/Rückführorganisation für Lampen 3. Nutzungsdauerverlängerung (Regenerierung) 4. Glasrecycling

Tab. 1: Klassifikation von elektrotechnischen Erzeugnissen nach Recyclingverfahren

3. Der unternehmensbezogene Ansatz wirtschaftlicher Stoffkreisläufe

Wenn man in Rechnung stellt, daß die Industrie und mit ihr die Industrieunternehmen neben Landwirtschaft und privatem Konsum in allen Industrieländern erstrangig die ökologische Situation beeinflussen, erscheint es in

die auffallende Unkenntnis von seiten der beteiligten Arbeitskräfte über die zerstörerischen Auswirkungen auf die Umwelt.« [3]

Zu kurz kommen in der Regel die unternehmensinternen Aufgaben, die die Ansatzpunkte für den Aufbau wirtschaftlicher Stoffkreisläufe bilden, bei allen konstitutiven Unternehmensbetrachtungen. In Tabelle 2 sind deshalb



Forschung und Entwicklung	Recyclinggerechte Erzeugnisgestaltung einschließlich der Verpackung Ausdehnung des Regenerierungsprinzips für Baugruppen in der Erzeugnisentwicklung Verfahrensentwicklung zur Minimierung des Anfalles technologisch bedingter Abfälle Erzeugnis- und Verfahrensentwicklung zum Einsatz von Sekundärmaterial anstelle von Primärmaterial Entwicklung von Technologien der Abproduktenverarbeitung und Abwärmenutzung
Produktion	Vorrangiger Einsatz von Sekundärmaterial gegenüber Primärmaterial bei alternativer Einsatzmöglichkeit Einhaltung und Vervollkommnung des technologischen Regimes zur Minimierung des Abfallanfalls und der Energieverluste durch Normenarbeit und Standardisierung Sammlung aller technologisch unvermeidbaren Produktionsabfälle und -altstoffe Wiederverwendung, Aufarbeitung und Regenerierung von Materialresten, gebrauchtem Material, Altteilen und -baugruppen
Vertrieb	Mehrfachnutzung der Versandpackung der Erzeugnisse Erschließung von Absatzmöglichkeiten für im eigenen Betrieb nicht verwertbare Nutzstoffe Verkauf und Versand der für den Absatz bestimmten Nutzstoffe
Materialwirtschaft	Entsorgung nicht verwendungsfähiger Rückstände auf Deponien oder in Kooperation mit Betreibern von Beseitigungsanlagen

Tab. 2: Unternehmensinterne Aufgaben der Entwicklung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe

wichtige unternehmensinterne Aufgaben zusammengestellt.

Daraus leitet sich ab, daß die Entwicklung wirtschaftlicher Stoffkreisläufe die Unternehmensfunktionen eines Industrieunternehmens zunehmend durchdringt, woraus sich auch die verschiedenen Konzepte einer ökologisch orientierten Betriebswirtschaft ableiten [4].

Den neuralgischen Punkt beim Aufbau wirtschaftlicher Stoffkreisläufe bildet der Einsatz von Abfällen und Altstoffen in konsumtiven Verwertungsprozessen. Oft fällt es den Industrieunternehmen nicht leicht, den erreichbaren Anwendernutzen zu erkennen bzw. ihn zu differenzieren, obwohl vielfältige unterschiedliche Arten der Verwendung sekundärer Rohstoffressourcen möglich sind. Tabelle 3 zeigt eine Klassifizierungsmöglichkeit der Arten der Verwendung von Nutzstoffen in wirtschaftlichen Stoffkreisläufen auf.

Das Erkennen des Anwendernutzens, seine betriebswirtschaftlichen Auswirkungen auf Kosten und Erträge sowie die Imagewirkung auf die Corporate Identity des Unternehmens stellen letztlich die entscheidenden Kriterien dar, in welchem Maße sich tatsächlich weitestgehend geschlossene Stoffkreisläufe herausbilden können.

Wirtschaftliche Stoffkreisläufe stehen immer in Wechselwirkung zum Problemfeld Ökologie. Durch Recyclingmaßnahmen werden in der Regel positive und spürbare ökologische Wir-

kungen erreicht. Verzicht auf Recycling bedeutet in der Regel zusätzliche ökologische Belastungen für das Unternehmen und sein Umfeld. Es ist bekannt, daß ökologische Effekte sich

nur bedingt in ökonomische Effekte transformieren lassen. Daraus folgt für die praktische Arbeit der Tatbestand, daß es neben einer ökonomischen Bewertung von Verwertungslösungen auch immer eine ökologische Bewertung geben muß und letztlich multikriterielle Verfahren der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung anzuwenden sind. Das notwendige Bedingungsgefüge dafür (hinreichende, notwendige und Vorzugsbedingungen) ist noch weitestgehend unerforscht und muß als ein Forschungsgegenstand der Zukunft betrachtet werden.

Literatur:

- [1] GARBE, Eberhard; GRAICHEN, Dieter: Sekundärrohstoffe - Begriffe, Fakten, Perspektiven, Berlin 1985, S. 38f., 66f.
- [2] WOHINZ, Josef: Zukunftsorientiertes Produktionsmanagement, in: der wirtschaftsingenieur 21 (1989) 1, S. 4.
- [3] AUBREY, Donald (Ottawa), in: Unsere gemeinsame Zukunft, Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Berlin 1988, S. 228.
- [4] PIEROTH, Elmar; WICKE, Lothar: Chancen der Betriebe durch Umweltschutz, Plädoyer für ein offensives Umweltschutzmanagement, Freiburg 1988.

Art der Verwendung	Charakteristische Merkmale	Anwendungsbeispiele
Funktionsgerechte Wiederverwendung ohne wesentliche Gebrauchswert-	Nutzung der erhalten gebliebenen formgebenden Arbeit; Einsatz zur Substitution auf gleicher Produktionsänderungsstufe	Rücklaufbehälterglas in der Abfüllindustrie; Wiedereinsatz gebrauchter Kabeltrommeln
Funktionsgerechte Wiederverwendung mit Gebrauchswertänderung	Nutzung der erhaltenen formgebenden Arbeit nach zusätzlicher Produktionsstufe zur Wiederherstellung der Gebrauchseigenschaften;	Regenerieren von Pumpen, Motoren, Ventilen u.a.; Runderneuerung von Kraftfahrzeugreifen;
Werkstoffgerechte Verwendung mit voller Nutzung der Werkstoffsubstanz	Nutzung der erhalten gebliebenen werkstoffschaffenden Arbeit in den Produktionsstufen der Werkstoffherstellung und -verarbeitung	Stahlschrott in der Roheisen- und Stahlproduktion; Altpapier in der Papierproduktion;
Werkstoffgerechte Verwendung mit teilweiser Nutzung der Werkstoffsubstanz	Nutzung eines Teils der erhalten gebliebenen werkstoffschaffenden Arbeit verbunden mit erneutem Abproduktenanfall; zu Fettsäuren;	Rückgewinnung von Silber aus Filmmaterial und Fixierbädern; Aufarbeitung von Fettschlamm
Nicht funktionsgerechte, aber funktionsbezogene Verwendung	Nutzung der erhalten gebliebenen formgebenden Arbeit für einen artfremden Verwendungszweck;	Einsatz von Altschwellen im Straßen- und Wegebau; Verwendung von Altreifen zur Stoßdämpfung;
Nicht werkstoffgerechte, aber werkstoffbezogene Verwendung	Nutzung der erhalten gebliebenen werkstoffschaffenden Arbeit für einen artfremden Verwendungszweck;	Energetische Nutzung von Altreifen oder Altöl;

Tab. 3: Arten der Verwendung sekundärer Rohstoffressourcen