

# Logistische Aspekte der Kreislaufwirtschaft

*Th. Blecker\**

---

\* Dipl.-oec. Thorsten Blecker ist Universitätsassistent bei o.Univ.-Prof. Dr. Bernd Kaluza in der Abteilung Produktions-, Logistik- und Umweltmanagement der Universität Klagenfurt.

## Gliederung

	Seite
1 Problemstellung	99
2 Lebenszyklusübergreifende Optimierung als Voraussetzung für die Kreislaufwirtschaft	101
3 Logistische Strategien in der Kreislaufwirtschaft	106
3.1 Schließen linearer Prozeßketten	107
3.2 Substitution linearer Prozeßketten durch zirkuläre Strukturen	114
4 Beispiele logistischer Lösungen zur Realisierung der Kreislaufwirtschaft	115
4.1 Lebenszyklusübergreifende Optimierung durch den Einsatz moderner Identifikationstechniken	115
4.2 Zirkuläre Strukturen durch Recycling von Elektronikgeräten bei Rank Xerox	117
4.3 Mehrwegtransportsysteme als Instrumente zur Substitution linearer Prozeßketten	119
5 Zusammenfassung und Ausblick	124

# 1 Problemstellung

Die traditionelle Produktion in einer Volkswirtschaft ist als eine Kette von Prozessen vom Input über den Throughput bis zum Output zu verstehen. Dazu werden immer neue Inputfaktoren der Ökosphäre entnommen und die Abfälle der Produktion sowie der Konsumtion häufig nicht weiter beachtet.<sup>1</sup> Diese Art des Wirtschaftens wird im Schrifttum als Durchlaufökonomie bezeichnet.<sup>2</sup>

Angesichts der Diskrepanz zwischen Schadstoffemission<sup>3</sup> und Regenerationsvermögen der natürlichen Umwelt ist die Notwendigkeit einer Begrenzung des Umweltverbrauchs unbestritten. Gründe hierfür sind neben den begrenzten Ressourcen, insbesondere die ökologischen Folgen der Zunahme globaler Stoffströme.<sup>4</sup> Es ist zu untersuchen, wie das Ziel einer Minimierung des Umweltverbrauchs (Ressourceneinsatz und Folgeschäden) wirksam verfolgt werden kann. Einen möglichen Lösungsansatz stellt die sogenannte Kreislaufökonomie dar.<sup>5</sup>

Das Umsetzen der Kreislaufökonomie erfolgt, indem Abfälle entweder leicht abbaubar gestaltet, durch Aufarbeitungs- und Aufbereitungsprozesse dem Wirtschaftsprozess von neuem zugeleitet<sup>6</sup> und/oder durch mehrfache Nutzung der Produkte die Abfallmengen pro Periode verringert werden. Mit diesen Maßnahmen wird angestrebt, den Verbrauch der Umweltgüter als Entsorgungsmedium und/oder Faktoreinsatz zu senken.

---

<sup>1</sup> Vgl. u. a. Frey [Umweltökonomie 1985], S. 14 f., und Stahlmann [Wachstum 1991], S. 15 f.

<sup>2</sup> Vgl. zum Begriff der Durchlaufökonomie z.B. Stahlmann [Wachstum 1991], S. 16, Kaiser/Maier [Leistungen 1991], S. 47, dies. [Materialwirtschaft 1991], S. 234, und dies. [Umweltschutz 1991], S. 7.

<sup>3</sup> Zum Begriff des Schadstoffes vgl. SRU [Umweltgutachten 1978], S. 18.

<sup>4</sup> Vgl. Schmidt-Bleek [MIPS 1993], S. 48.

<sup>5</sup> Vgl. zum Begriff der Kreislaufökonomie z.B. Stahlmann [Wachstum 1991], S. 16 f., Kaiser/Maier [Leistungen 1991], S. 47, dies. [Materialwirtschaft 1991], S. 234, und dies. [Umweltschutz 1991], S. 7. Vgl. zum Konzept und seinen Voraussetzungen auch Strebel [Umweltschutz 1991], S. 4 ff., Strümpel/Longolius [Umweltschutz 1991], S. 74, und Kreikebaum [Produktion 1992], S. 13 ff.

<sup>6</sup> Auf die Eignung von Abfällen als Produktionsfaktor [Werkstoff] genutzt zu werden, hat schon Gutenberg hingewiesen, diese Thematik jedoch nicht weiter vertieft. Vgl. Gutenberg [Grundlagen 1983], S. 5. Vgl. auch das Konzept der Wertschöpfungsringe von Schmid [Wertschöpfung 1996], S. 170 f.

Ökologische Aspekte finden sowohl in der Wissenschaft als auch in der unternehmerischen Praxis aufgrund der aufgetretenen Umweltschäden eine zunehmende Beachtung. Unternehmen sind aufgrund des wachsenden rechtlichen und gesellschaftlichen Drucks gezwungen, ökologische Folgen des Wirtschaftens zunehmend zu beachten und in ihr Zielsystem aufzunehmen. Dies führt zur Entwicklung ökologiegerechterer Logistikkonzeptionen durch die Adaption der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft sowie zur Gestaltung betrieblicher und überbetrieblicher Konzepte der Entsorgungslogistik.<sup>7</sup> Dabei sind durch das Verwenden bestimmter Materialien und der Sicherstellung eines entsprechenden Handlings Abfälle zu vermindern. Die weiterhin entstehenden Abfälle sind entsprechend zu behandeln.

Traditionell ist eine logistische Optimierung der betrieblichen Leistungserstellung auf die Produktions- und Distributionslogistik beschränkt gewesen. Zur weiteren — ökonomischen und ökologieorientierten — Realisierung von Einsparungs- und Rationalisierungspotentialen hat nun auch eine Optimierung bisher vernachlässigter Bereiche zu erfolgen. Dies gilt beispielsweise für das Verpackungssystem. Verpackungen und ihre Gestaltung waren bisher nur selten Gegenstand logistischer Optimierungsprozesse. Die Gestaltung der Verpackung erfolgte vorwiegend nach Marketinggesichtspunkten. Ökonomische und ökologische Rationalisierungspotentiale, die durch eine logistikgerechte Gestaltung möglich wären, wurden bisher nicht erkannt oder realisiert.

Bei der Güterherstellung, -distribution und -verwendung fallen jedoch Stoffe an, die geordnet entsorgt oder verwertet werden müssen. Hieraus resultieren räumlich-zeitliche Transfer- und Transformationsprozesse, da das Reststoffprofil der Quelle in das der Senke zu transformieren ist.<sup>8</sup> Insbesondere ist durch die Gestaltung der Logistiksysteme die Voraussetzung für eine Abfallminimierung zu schaffen und (in geringem Umfang) das Abfallaufkommen zu reduzieren. Mögliche Lösungsansätze zu diesem Problemkreis sind interdisziplinär und funktionsübergreifend zu gestalten. Die Logistik ist folglich zu einer Übernahme dieser Aufgaben im Hinblick auf eine Gesamtoptimierung prädestiniert.

Weiterhin ist zu beachten, daß nach einer Untersuchung von Baumgarten 93 % der befragten deutschen Unternehmen die strategische Bedeutung der

---

<sup>7</sup> Überbetriebliche Konzepte der Entsorgungslogistik am Beispiel der Entsorgungsnetzwerke werden im Beitrag von Kaluza und Blecker in diesem Band diskutiert.

<sup>8</sup> Vgl. Dutz [Strategien 1992], S. 160, und Stölzle [Entsorgungslogistik 1993], S. 178 f.

Logistik als zunehmend oder gar stark zunehmend beurteilen.<sup>9</sup> Unternehmen müssen sich somit verstärkt mit der Logistik auseinandersetzen.

Aufgabe dieser Untersuchung ist es, einen Beitrag zur logistischen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft zu leisten. Dazu ist es zweckmäßig, zunächst die grundsätzliche Bedeutung einer Optimierung über den gesamten Produktlebenszyklus aufzuzeigen. Danach werden zwei Strategien der Logistik in der Kreislaufwirtschaft diskutiert. Inwieweit die Optimierung und der Einsatz dieser Strategien tatsächlich erfolgreich als Instrument der logistischen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft dienen können, wird anschließend anhand praxisnaher Beispiele gezeigt.

## **2 Lebenszyklusübergreifende Optimierung als Voraussetzung für die Kreislaufwirtschaft**

Die Logistik hat mehrere Aufgaben bei der Umsetzung der Kreislaufwirtschaft zu übernehmen. Die Entsorgungslogistik muß zunächst im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der betrieblichen Wertschöpfungskette sowie der vor- und nachgelagerten Wertketten Ansatzpunkte für eine Abfallvermeidung und -verringerung aufzeigen, da den Güterproduzenten eine durchgängige, lebenszyklusumfassende Produktverantwortung zugeschrieben wird.

Die Aufgaben der Abfallvermeidung und -verringerung erfordern so eine Optimierung der Güterherstellung, -distribution und -verwendung über den gesamten Produktlebenszyklus. Die Logistik muß daher die Anfallprofile aller Abfallstoffe hinsichtlich Art, Menge, Raum sowie Zeit ermitteln. Nur mit Hilfe der Kenntnis der Anfallprofile ist es möglich, vorgelagerte Entscheidungen gezielt zu beeinflussen. Ziel dabei ist, die Abfallmengen zu verringern oder hinsichtlich eines Recycling zu optimieren, d.h. die Entsorgungslogistik muß im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der betrieblichen Wertschöpfungskette über alle Phasen des Produktlebenszyklus aktiv eingreifen und Gestaltungsparameter sowie Ansatzpunkte aufzeigen.

Wir folgen hier dem systemischen Produkt-Lebens-Zyklus-Konzept nach Kaluza und Klenter,<sup>10</sup> das in der Abb. 1 dargestellt ist. Bei diesem Konzept wird im Unterschied zu den traditionellen und erweiterten Ansätzen der Fertigungszyklus zusätzlich betrachtet.

---

<sup>9</sup> Vgl. Kempkens/Schnurpfeil [Logisch verknüpft 1993], S. 72.

<sup>10</sup> Vgl. Kaluza/Klenter [Zeit 1993], S. 16. Vgl. auch die Ansätze von Meffert [Produktlebenszyklus 1974], S. 85 ff., Pfeifer et al. [Technologie-Portfolio-Management 1986], S. 111, und Pfeiffer et al. [Technologie-Portfolio 1991], S. 27.

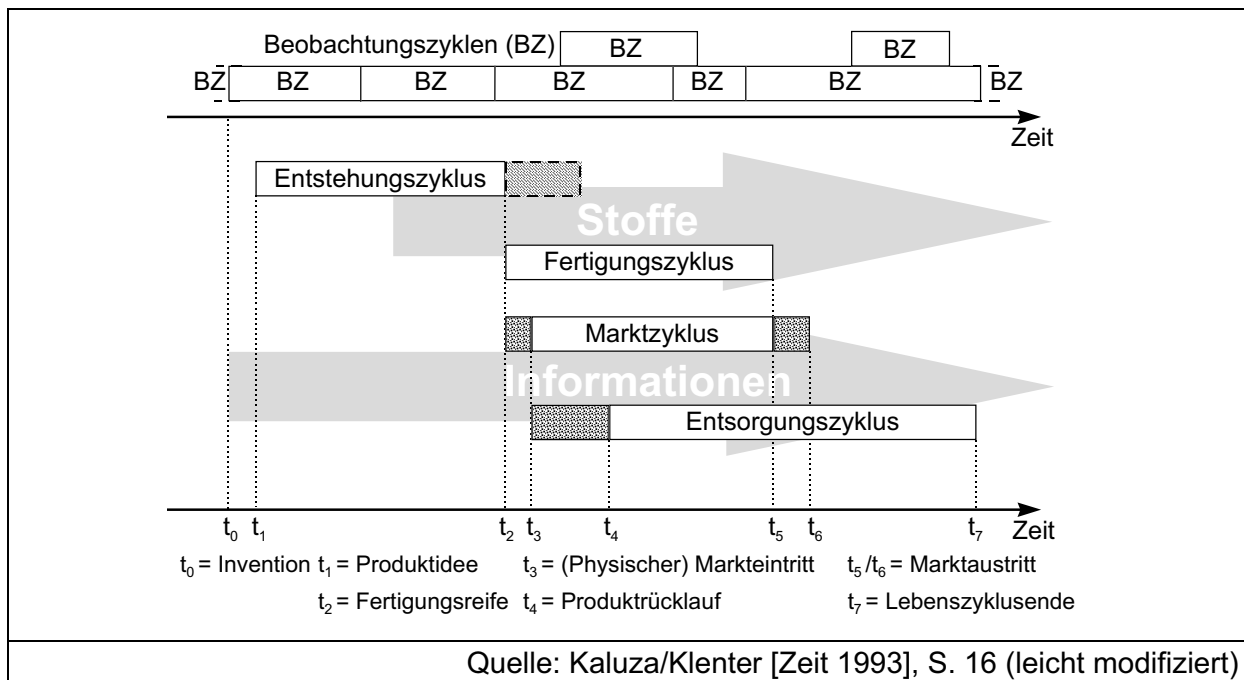


Abb. 1: Systemisches Produkt-Lebenszyklus-Konzept

In diesem Konzept sind aus dem Entsorgungszyklus heraus oder sogar antizipativ die Zyklen der Entstehung, Fertigung und der Marktzyklus zu beeinflussen.<sup>11</sup> Ziel muß es sein, z.B. durch konstruktive Entscheidungen, Materialsubstitution und Verlängerung der Nutzungsdauern, Veränderungen in der Reststoffmenge und -zusammensetzung herbeizuführen und damit positiv auf den Entsorgungsaufwand einzuwirken. Entsprechende Instrumente müssen daher schon in den einzelnen Beobachtungszyklen ansetzen. In der Abbildung 1 sind zusätzlich zu den einzelnen Zyklen die Informations- und Stoffströme dargestellt. Während die Informationen von der Invention an generiert und gesammelt werden müssen,<sup>12</sup> setzen die Stoffströme erst während des Entstehungszyklus ein.

Es ist aber auch aus dem Entsorgungszyklus ein Informationsfluß zum nächstgelegenen Entstehungs- und Fertigungszyklus zu generieren. Diese Informationen führen zu den notwendigen Prozeß- und Produktmodifikationen. Richtlinien für derartige Modifikationen werden im Schrifttum seit längerem, z.B. unter dem Stichwort recyclingorientiertes Konstruieren, diskutiert. Abb. 2 skizziert die Inhalte der entsprechenden VDI-Richtlinie 2243.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Vgl. auch Horneber [Entsorgungsmanagement 1995], S. 114 ff.

<sup>12</sup> Vgl. Horneber [Entsorgungsmanagement 1995], S. 37 ff.

<sup>13</sup> Vgl. VDI [Recyclinggerecht 1991].

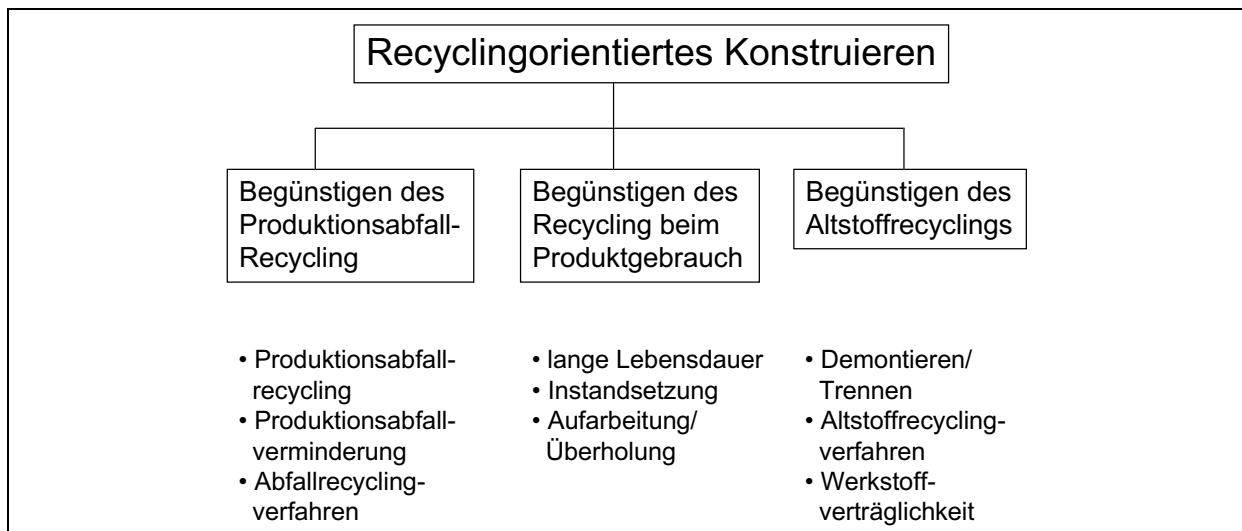


Abb. 2: Recyclinggerechtes Konstruieren — VDI Richtlinie 2243

Bei den traditionellen Logistiksubsystemen sind infolge einer Optimierung über den gesamten Produktlebenszyklus und des Einsatzes von Rezyklaten bei der Produktion erhebliche Modifikationen notwendig.

In der *Beschaffungslogistik* sind u.a. bei der Bedarfsermittlung aufgearbeitete Bauteile und Sekundärrohstoffe zu berücksichtigen. Dazu ist zu beachten, daß das Aufkommen und die Qualität der Rezyklate häufig stochastischer Natur sind. Daher ist mit Hilfe von Pufferbeständen das Aufkommen zu glätten. Zudem gestaltet sich die Bedarfsermittlung aufgrund der Beachtung stochastischer Daten sehr komplex. Eventuell kann dies über neue Formen der Zusammenarbeit mit Lieferanten aufgefangen werden, die Wertstoffe zur Aufarbeitung zurücknehmen und die Glättung der Mangel des Sekundärrohstoffaufkommens übernehmen. Zusätzlich ist schon bei der Beschaffung darauf zu achten, daß nur solche Materialien eingekauft werden, die leicht zu rezyklieren sind und die Recyclingprozesse für andere Abfälle nicht stören. Es sind dafür z.B. Daten zwischen der Beschaffungs- und Werkstoffdatenbank über die Risiken und Einsatzmöglichkeiten der Materialien auszutauschen.<sup>14</sup>

Jeder Recyclingprozeß hat erhebliche Auswirkungen auf die Produktionskosten und -mengen, z.B. Mehr- oder Minderverbrauch an physischen Produktionsfaktoren, Veränderung der Outputmengen und Modifikationen der optimalen Aggregatleistung. Daher muß das Recycling von Produktabfällen in existierende Systeme integriert werden.<sup>15</sup> In der *Produktionslogistik* sind deswegen

<sup>14</sup> Diese Daten werden aber zur Zeit kaum erfaßt oder gar systematisch bereitgestellt. Vgl. Stahlmann [Materialwirtschaft 1991], S. 373.

<sup>15</sup> Vgl. Jahnke [Recycling 1984], S. 152 f., und Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 615 f.

insbesondere in PPS- und CIM-Systemen die Inhomogenitäten der Rezyklate sowie die quantitativen und qualitativen Veränderungen der Faktoreinsatz- und -ertragsseite zu berücksichtigen.<sup>16</sup>

Einerseits müssen die existierenden Systeme um die Abbildung der Recyclingprozesse erweitert werden, andererseits sind existierende Module zu modifizieren.<sup>17</sup> Ein großer *Erweiterungsbedarf* ergibt sich bei der Datenverwaltung, Planung und Überwachung der Transport- und Lagerkapazitäten sowie der Mengenbedarfsplanung.<sup>18</sup> Neben diesen Erweiterungen um die Aufgaben der Recyclingprozesse müssen noch *Modifikationen* der Systeme zur Abbildung zirkulärer Prozesse durchgeführt werden. Insbesondere die Interdependenzen zwischen der Produktion und dem Recycling sind zu beachten, da eine Determinierung der Abfallqualität (und damit der Rezyklatqualität) durch die Eigenschaften der Produkte bzw. in umgekehrter Richtung die Beeinflussung der Produktqualität durch die eingesetzten Rezyklate festzustellen ist.<sup>19</sup> Zusätzlich zu den recyclinginduzierten Erweiterungen und Modifikationen sind weitere *Ergänzungen* notwendig. Zum einen müssen Schnittstellen zur Beschaffungs- und Absatzplanung sowie zur Qualitätskontrolle geschaffen werden, damit der durch ein Produktabfallrecycling entstehende Informationsbedarf gedeckt wird.<sup>20</sup> Zum anderen müssen Schnittstellen zur Konstruktion, d.h. zum Produktentwurf, erstellt werden, um eine demontage- und recyclingfreundliche Produktgestaltung durch einen Know-how-Transfer vom Recyclingprozeß zur Konstruktion zu gewährleisten.<sup>21</sup>

---

<sup>16</sup> Vgl. zu den Auswirkungen von Inhomogenitäten ausführlich Souren [Reduktion 1996], S. 218 ff.

<sup>17</sup> Vgl. Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 621, und Corsten/Götzelmann [Abfallvermeidung 1992], S. 116.

<sup>18</sup> Vgl. Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 623 f., und Corsten/Götzelmann [Abfallvermeidung 1992], S. 116.

<sup>19</sup> Vgl. Jahnke [Recycling 1984], S. 153 f. In PPS-Systeme werden aufgrund der linearen Abbildung Interdependenzen zwar nicht einbezogen, können aber durch eine geeignete Prämissenwahl oder eine zeitversetzte Planung innerhalb des Stufenkonzeptes dennoch berücksichtigt werden. Vgl. Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 624 f., und Corsten/Götzelmann [Abfallvermeidung 1992], S. 116 f.

<sup>20</sup> Vgl. Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 625, und Corsten/Götzelmann [Abfallvermeidung 1992], S. 116.

<sup>21</sup> Ein Ansatz zu dieser Problematik wurde unter dem Stichwort des „Closed-Loop Engineering“ diskutiert und vom Fraunhofer Institut für Materialfluß und Logistik in Zusammenarbeit mit der Industrie weiter verfolgt. Grundsatz ist detaillierte Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Produktes und der dort entstehenden Kosten zum Zeitpunkt der Konstruktion. Vgl. Stache [Engineering 1991], S. 116 f.

Wird ein Recycling intensiv durchgeführt, ist die Erweiterung eines PPS-Systems zu einem PRPS-System (Produktions- und Recycling-Planungs- und Steuerungssystem) notwendig, da nur so ein „...inflationärer Wildwuchs an separaten Informationssystemen...“<sup>22</sup> verhindert und die Integration der Informationsströme von der Konstruktion über die Produktion und den Recyclingprozeß zurück zur Konstruktion gewährleistet wird. Erste Ansätze zu einem PRPS-System werden zur Zeit z.B. im Teilprojekt C2 „Rechnerunterstützte Demontageplanung und -steuerung“ des SFB 281 der TU Berlin erarbeitet.<sup>23</sup> Die Integration mit den bereits existierenden PPS-Systemen der Güterproduzenten ist allerdings gegenwärtig nicht vorgesehen.

Die *Distributionslogistik* ist mit der Logistik der Retrodistribution abzustimmen. Insbesondere sind möglich Synergieeffekte zwischen der Distribution und der Entsorgungslogistik zu ermitteln und zu realisieren. Dies gilt z.B. für den Einsatz gleicher Fahrzeuge, der Abstimmung der Fahrtrouten und die Nutzung der Infrastruktur für Transport-, Umschlag- und Lagerungsprozesse (TUL).

Die *Materialwirtschaft*, die wir als Bestandteil der Logistik betrachten, ist damit auf zweifache Weise betroffen: Sie dient zum einen als Umweltschutzmodul und muß zum anderen Lieferanten, z.B. durch eine ökologieorientierte ABC-Analyse und Koordination der Recyclingaktivitäten, intensiv einbinden.

Die Aufgabenstellung einer Optimierung über den gesamten Produktlebenszyklus setzt eine logistische Betrachtungsweise voraus, die nicht nur die Planung und Durchführung aller abgeleiteten Transferprozesse enthält, sondern auch das aktive Gestalten der vor- und nachgelagerten Transformationsprozesse umfaßt. Die Logistik hat dabei beratende (bezüglich der Produkt- und Prozeßgestaltung) und gestaltende (z.B. hinsichtlich der Materialfluß- und Entsorgungskonzeption) Aufgaben wahrzunehmen. Es sind Instrumente und Ansätze zu entwickeln, welche eine Abschätzung des Entsorgungsaufwandes unterschiedlicher Fertigungsalternativen zu einem sehr frühen Zeitpunkt gestatten, so daß eine Optimierung ermöglicht wird.<sup>24</sup>

Das erfolgreiche Umsetzen der Integration ist eine Voraussetzung für die logistische Realisierung der Kreislaufwirtschaft. Die Nutzung ausgefeilter Logistik-

---

<sup>22</sup> Corsten/Reiss [Recycling 1991], S. 626.

<sup>23</sup> Vgl. die Beschreibung des Teilprojektes auf der Homepage des Sonderforschungsbereiches (URL: [http://www.tu-berlin.de/sfbs/demontage/pb\\_c/tp\\_c2g.htm](http://www.tu-berlin.de/sfbs/demontage/pb_c/tp_c2g.htm)). Vgl. auch das Projekt von Kurbel zur computergestützten Demontageplanung und -steuerung (URL: [http://viadrina.euw-frankfurt-o.de/wi-www/fp\\_demo-leitst.html](http://viadrina.euw-frankfurt-o.de/wi-www/fp_demo-leitst.html)).

<sup>24</sup> Vgl. Dutz [Strategien 1992], S. 162.

konzepte und die Berücksichtigung der methodischen Charakteristika der Logistik in der Kreislaufwirtschaft kann dann z.B. zu einer übergreifenden Optimierung der Wertschöpfungskette, zur Einsparung von Entsorgungskosten und zur Unterstützung der strategischen Grundhaltung führen. Problematisch erweisen sich dabei eventuell die Kostensteigerungen der Retrodistribution und -produktion sowie die Komplexitätssteigerung der Planungsmechanismen.

### 3 Logistische Strategien in der Kreislaufwirtschaft

Die Logistik hat u.a. die Planung, Steuerung und Kontrolle der Handhabung der Abfälle sowie der damit verbundenen Informationsflüsse durchzuführen. Es ist eine Logistik für Abfälle aufzubauen, die über die traditionelle Logistik der Entsorgung hinausgeht und Abfälle nicht nur „beiseite schafft“.

Die Schließung von Prozeßketten hat aber meist einen end-of-the-pipe-Charakter. Die Logistik soll daher nicht nur traditionelle Prozeßketten schließen, sondern diese auch durch zirkuläre Prozesse nach Ökologieg Gesichtspunkten substituieren.

Es existieren u.E. zwei Strategien zur Erfüllung dieser Aufgaben und damit zu einer weniger umweltschädigenden Methode des Wirtschaftens:

- Schließen linearer Prozesse und
- Substitution linearer Prozesse durch zirkuläre Strukturen.<sup>25</sup>

Diese Strategien sind in der Abb. 3 dargestellt.

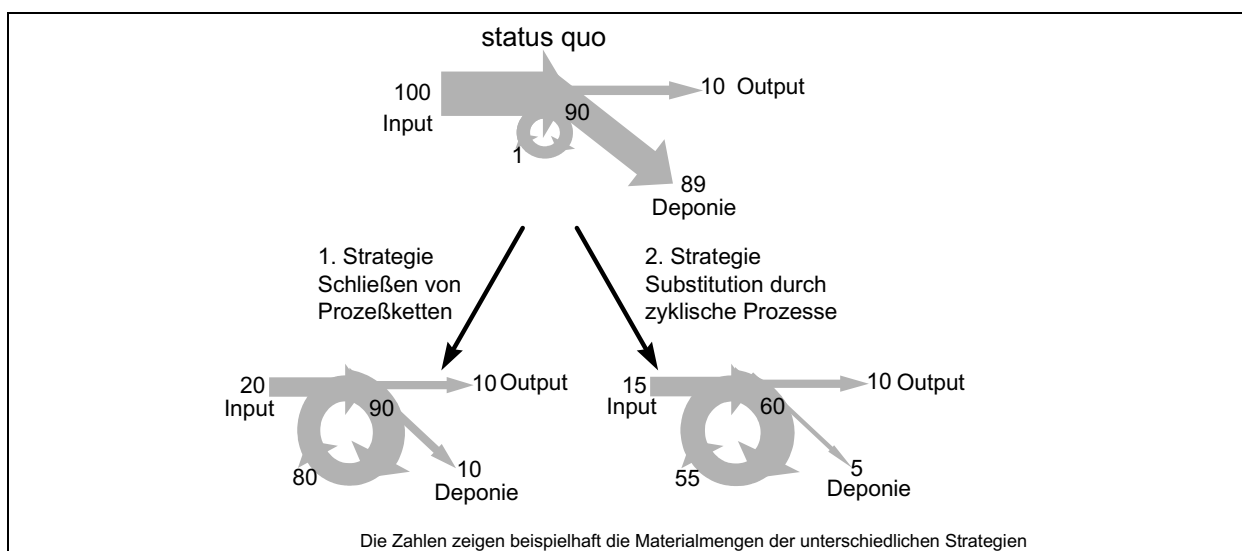


Abb. 3: Logistische Strategien in der Kreislaufwirtschaft

<sup>25</sup> Vgl. auch Stahlmann [Materialwirtschaft 1988], S. 25 ff., und Dutz [Strategien 1992], S. 161 f.

### 3.1 Schließen linearer Prozeßketten

Die erste Strategie befaßt sich mit dem Gestalten der logistischen Kern- und Zusatzleistungen<sup>26</sup>, die aufgrund des Übergangs von den linearen Prozessen der Durchlaufökonomie zu geschlossenen und zirkulären Prozessen der Kreislaufwirtschaft notwendig werden. Das Schließen von Stoffkreisläufen mit Hilfe der Rückführung von Rückständen aus Produktionsprozessen bzw. von Altprodukten und -stoffen nach deren Gebrauch in die Produktion oder für den (erneuten) Gebrauch wird als Recycling bezeichnet.<sup>27</sup> Unter Recycling wird in dieser Arbeit die Wiedereinführung von Abfällen und Energie in weitere Produktions- oder Konsumprozesse verstanden. Nach den zwei Dimensionen der technologisch-produktionswirtschaftlichen Klassifikation unterschiedlicher Recyclingarten sind vier elementare Recyclingtypen zu unterscheiden:<sup>28</sup>

Wiedereinsatzprozeß ...	... im bisherigen Anwendungsbereich	... in einem neuen Anwendungsbereich
Wiederaufbereitungsaktivität		
Keine umwandelnde Wiederaufbereitung	Wiederverwendung	Weiterverwendung
Umwandelnde Wiederaufbereitung	Wiederverwertung	Weiterverwertung

Quelle: in Anlehnung an VDI [Richtlinie 2243 1993], S. 6

Abb. 4: Recyclingarten

Von einer *Wieder-* oder *Weiterverwendung* wird gesprochen, sofern keine umwandelnden Aufbereitungsaktivitäten notwendig sind. Die *Wieder-* oder *Wei-*

<sup>26</sup> Vgl. Isermann/Houtman [Entsorgungslogistik 1994], S. 236 ff., und Schulte [Logistik 1995], S. 309 - 318.

<sup>27</sup> In Anlehnung an VDI-Richtlinie 2243.

<sup>28</sup> Vgl. dazu u.a. Berg [Recycling 1979], S. 201 f., ders. [Materialwirtschaft 1979], S. 25 ff., Kleinaltenkamp [Recycling-Strategien 1985], S. 54 f., Hopfenbeck [Management 1990], S. 238, Meffert/Kirchgeorg [Umweltmanagement 1998], S. 370 ff., und Steinhilper [Produktrecycling 1988], S. 31 ff. Siehe auch die Klassifikation von Jahnke [Recycling 1984], S. 26.

terverwertung erfolgt hingegen bei Prozessen, die eine Aufbereitung der Abfälle erfordern.

Neben qualitativen Anforderungen fallen aber häufig der Ort und/oder die Zeit des Abfallanfalls sowie der Entsorgung bzw. Verwertung auseinander. Es werden somit räumlich-zeitliche Transfer- und Transformationsprozesse zur Schließung der bisher linearen Prozeßketten notwendig werden. Die Logistik hat dazu die Planung, Steuerung und Kontrolle der physischen Handhabung der Abfälle sowie damit verbundener Informationsflüsse durchzuführen. Vollständig geschlossene Prozeßketten sind jedoch nicht möglich. Nur eine partielle Schließung ist in der Praxis zu verwirklichen. Abb. 5 beschreibt die Material-, Waren- und Abfallflüsse partiell geschlossener Prozeßketten. Es handelt sich dabei um die (Logistik-)Prozesse, die in der VDI-Richtlinie 2243 diskutiert werden. Subprozesse innerhalb der dargestellten Prozeßstufen, wie Energiegewinnung oder Kreislaufführung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen in der Produktion, werden vernachlässigt.

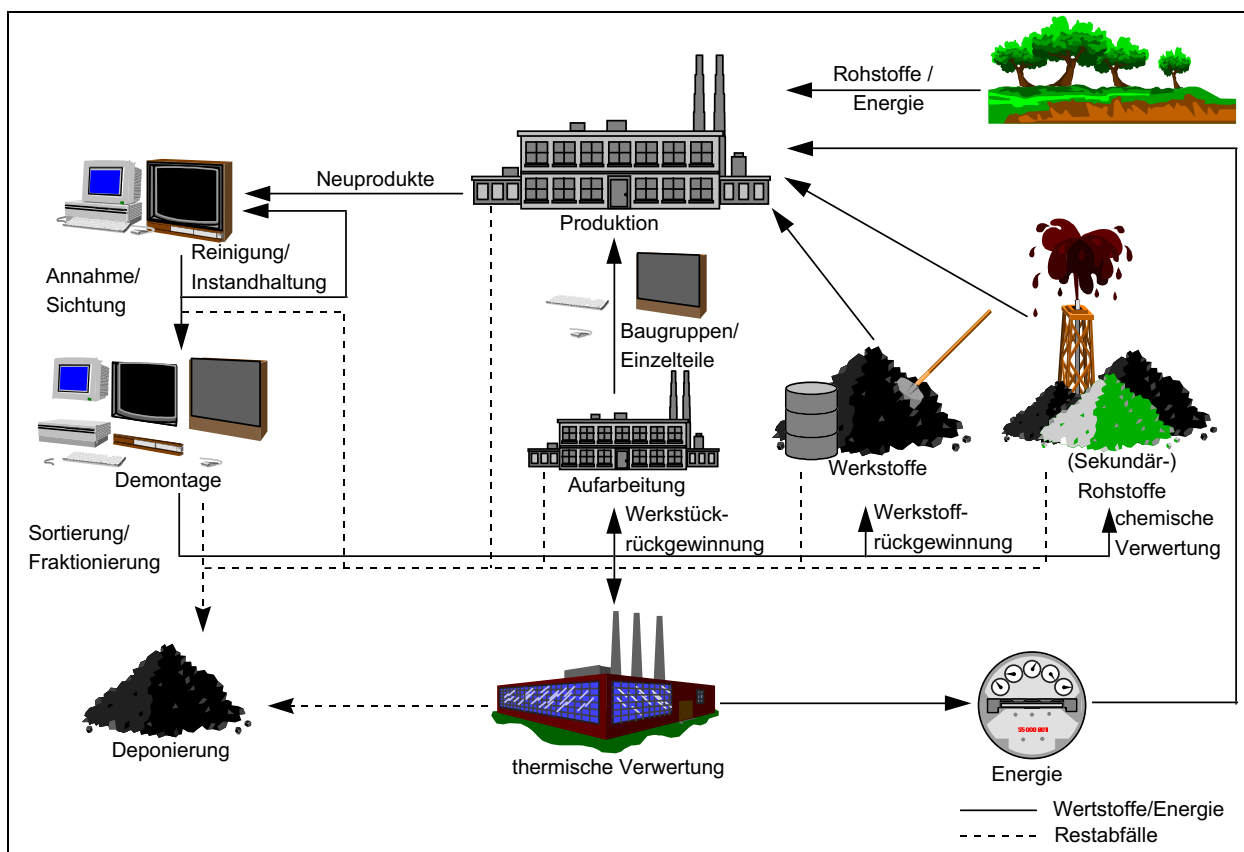


Abb. 5: Partiiell-geschlossene Prozeßkette

Die erforderliche Planung, Steuerung und Kontrolle der Abfall- und Informationsflüsse sind zu einem großen Teil mit den Methoden der Versorgungslogistik zu bewältigen. Gerade dieser Bereich der Logistik in der Kreislaufwirt-

schaft wird im Schrifttum<sup>29</sup> und in der unternehmerischen Praxis unter dem Stichwort Entsorgungslogistik zunehmend diskutiert.

Zentraler Subprozeß der Logistik ist die Erfassung ge- und verbrauchter Güter, d.h. der Sammellogistik bei der Retrodistribution<sup>30</sup>. Alternative Gestaltungsformen am Beispiel der Retrodistribution bei Elektro-Altgeräten zeigt die Abb. 6.

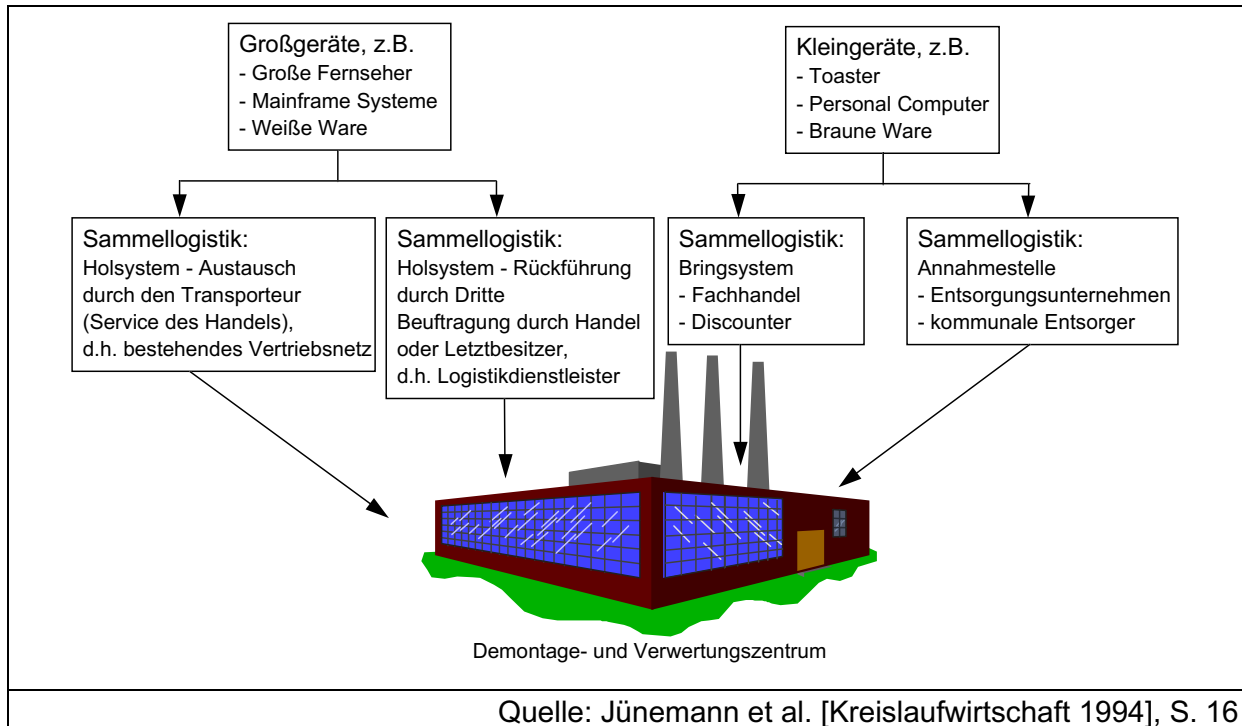


Abb. 6: Logistik-Subsysteme der Retrodistribution am Beispiel von Elektro-Altgeräten

Zu beachten ist außerdem, daß unterschiedliche Bedingungen für die logistische Behandlung von Gütern, Abfällen und Reststoffen gelten.<sup>31</sup> Bei der *Sammlung* müssen die Vermischung der Reststoffe verhindert, die Qualität erhalten und die Handhabbarkeit der Reststoffe gefördert werden. Zwischen der Sammlung und der Sortierung bestehen somit vielfältige Interdependenzen.<sup>32</sup>

<sup>29</sup> Vgl. z.B. Stölzle [Entsorgungslogistik 1993] und ders. [Organisation 1993]. Auch Schulte hat z.B. beim Übergang von der ersten zur zweiten Auflage der Entsorgungslogistik ein eigenes Kapitel gewidmet. Vgl. Schulte [Logistik 1991] und ders. [Logistik 1995]. Vgl. außerdem das dreibändige Werk von Jünemann [Entsorgungslogistik 1991f.] sowie Isermann/Houtman [Entsorgungslogistik 1994], S. 227 - 245.

<sup>30</sup> Im Schrifttum wird teilweise auch der Terminus Redistribution benutzt. Er ist jedoch auch mit anderer Intention in der volkswirtschaftlichen Verteilungstheorie der Einkommen gebräuchlich und daher hier nicht zweckmäßig.

<sup>31</sup> Vgl. zum folgenden beispielsweise Rinschede [Entsorgungslogistik 1992], S. 79 ff.

<sup>32</sup> Vgl. Schulte [Logistik 1995], S. 314.

Besonderen Bedingungen unterliegt der *Transport*. Die Fraktionierung ist beizubehalten und die Komplexität der Transport- und Standortplanung steigt erheblich an.<sup>33</sup> Bei der Retrodistribution mit Auslieferungsfahrzeugen ist das Lifo-Verfahren nicht mehr möglich, da die Entnahme von Gütern bzw. Waren und die Verladung von Reststoffen sich abwechseln. Erste Ansätze zur Lösung dieses Problems sind beispielsweise durch doppelstöckige Ladungsträger festzustellen. Des Weiteren sind aber beim gemischten Güter- und Reststoff-Transport besondere Hygienevorschriften zu berücksichtigen, damit keine Kontamination der Güter erfolgt. Problematisch kann sich ebenfalls die Steigerung der Transportvorgänge durch die Ortsveränderung der Abfälle erweisen. Sie beeinflusst beispielsweise die Akzeptanz der Transporte in der Bevölkerung, die Wahl des Transportmittels und den viel beschworenen Verkehrsinfarkt entscheidend und muß daher ex ante geplant werden. Beim *Umschlagen* ist ein Behälterwechsel zu vermeiden und zur Minimierung der Umschlagprozesse in der Fläche ist das Distributionsmittel auch für die Retrodistribution einzusetzen. Die *Lagerung* schließlich unterliegt ebenfalls besonderen Bedingungen. Die Einlagerung kritischer Mengen (wegen einer eventuellen Brand- und Explosionsgefahr sowie hoher Schadstoffmengen) ist zu unterlassen. Es sind gegebenenfalls fraktionsspezifische Individuallösungen<sup>34</sup> zu berücksichtigen, Brandschutzanforderungen sind zu beachten und Strukturveränderungen der Abfälle einzuplanen.<sup>35</sup> Dies ist problematisch, da stochastische Daten bezüglich des Reststoffprofils in die Planung eingehen müssen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß ab einer gesetzlich festgelegten Menge die Lagerung nicht mehr als Sekundärrohstofflagerung, sondern als Abfallzwischenlagerung oder -deponierung betrachtet wird. Grenzwerte und zusätzliche Schutzvorkehrungen sind dann einzukalkulieren. Aus den aufgezeigten Gründen sind übergreifende, speziell auf die Bedürfnisse der Reststoffe abgestimmte Logistikkösungen zu entwickeln.<sup>36</sup>

Einen interessanten Beitrag zur Schließung linearer Prozeßketten liefert der Ansatz der mobilen Zerlegefabriken des FhG IPA (Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart). Sie reduzieren einige der diskutierten Probleme der Retrodistribution und der Demontage. Die Abb. 7 zeigt Varianten der Vorzerlegung auf Binnenschiffen während der Retrodistribution.

---

<sup>33</sup> Vgl. Jünemann et al. [Kreislaufwirtschaft 1994], S. 15 f.

<sup>34</sup> Vgl. Rinschede [Entsorgungslogistik 1992], S. 79 f.

<sup>35</sup> Vgl. Schulte [Logistik 1995], S. 310.

<sup>36</sup> Vgl. auch Rinschede [Entsorgungslogistik 1992], S. 78.

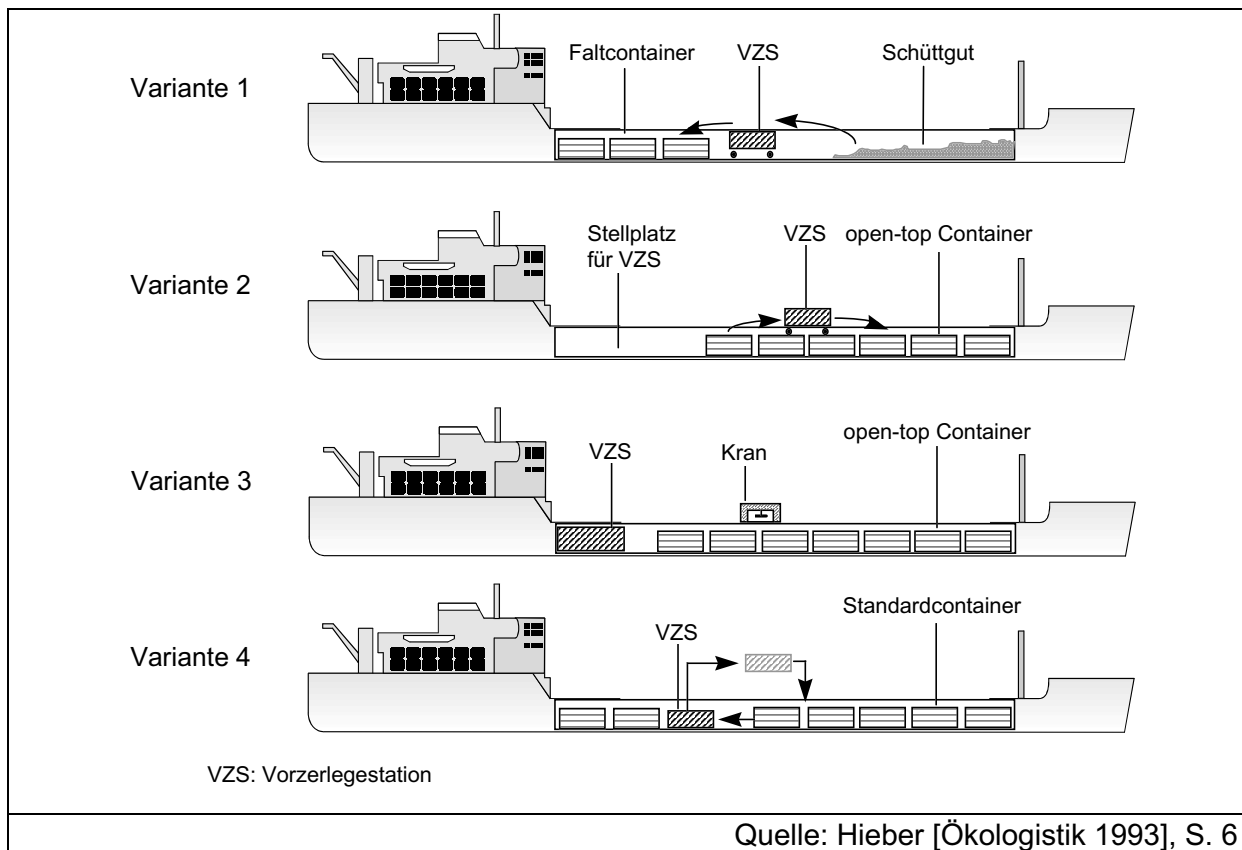


Abb. 7: Vorzerlegung während der Retrodistributions auf Binnenschiffen

Der Transport von Abfällen und Reststoffen ist meist nicht zeitkritisch. In der Fläche können LKW, auf der Strecke aber die Bahn und das Schiff eingesetzt werden.<sup>37</sup> Umweltfreundliche kombinierte Ladungsverkehre wie Straße/Schiene oder Straße/Wasser sind somit nutzbar. Die entstehenden langen Transportzeiten (bis zu 14 Tage) erweisen sich dabei nicht als kritisch, obwohl die „4 r’s“<sup>38</sup> der Logistik weiterhin gelten. Diese Transportzeiten können zur Vorzerlegung genutzt werden. Damit wird ein umweltfreundlicher Transport mit einer ökonomischen Nutzung der Transportzeiten angestrebt. Ähnliche Konzepte sind auch bei Nutzung der Bahn möglich. Die Deutsche Post AG hat beispielsweise die Transportzeiten zur Sortierung der Post benutzt; andere Prozesse sind während des Transportes ebenfalls durchführbar. Die Verwendung derartiger Konzepte führt zu einer Nutzung ausgefeilter bestehender Logistiklösungen auch bei der Abfallwirtschaft, ohne übermäßigen Aufwand zu verursachen.

<sup>37</sup> Vgl. zum folgenden Hieber [Ökologistik 1993] und ders. [Eco-Logistic-Systems 1994] sowie Schulte [Logistik 1995], S. 311 f.

<sup>38</sup> Die Logistik hat das richtige Objekt in der richtigen Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. Vgl. Pfohl [Marketing-Logistik 1972], S. 28 ff.

Bei der Vorzerlegung bzw. generell bei der Demontage sind Rationalisierungspotentiale vorrangig durch ablauforganisatorische Verbesserungen, modifizierte Handhabungstechniken und vereinfachte Logistikprozesse zur Reduktion der Demontagezeiten zu erreichen.<sup>39</sup> Dies liegt daran, daß im Gegensatz zur Produktion eine Automatisierung, bei Erhaltung einzelner Bauteile, nur schwer möglich ist. Normalerweise dominieren zwar die Strukturen die Prozesse. Hier sind aber zunächst alte Produkte zu berücksichtigen, da nach neueren Anforderungen konstruierte Produkte erst in einigen Jahren zu Abfall werden. Zur Zeit sind daher keine besonderen aufbauorganisatorischen Verbesserungen möglich. Rationalisierungen sind somit vorwiegend über eine Ausnutzung der Lernkurve bei manuellen Tätigkeiten denkbar.<sup>40</sup> Das Bindeglied zwischen den einzelnen Aufgaben ist prinzipiell der Informationsfluß. Schon bei der Sammlung und/oder Anlieferung der Reststoffe hat die rechnergestützte Erfassung zu erfolgen.<sup>41</sup> Auf dieser Basis findet die Planung der notwendigen Arbeitsschritte (unter Berücksichtigung von Durchsatzmengen und Demontagetiefe) statt.

Aber auch bei traditionellen Instrumenten und Methoden der Logistik sind aufgrund der Schließung linearer Prozeßketten erhebliche Veränderungen erforderlich. Die Bedarfsermittlung<sup>42</sup> ist z.B. beträchtlichen Modifikationen zu unterziehen. Bei einer industriellen Aufarbeitung von Abfällen zu Austauscherezeugnissen, wie dies z.B. in der Automobilbranche schon länger üblich ist,<sup>43</sup> müssen diese Mengen in die Ermittlung des Primärbedarfs mit einbezogen werden. Die Berücksichtigung der aufgearbeiteten Erzeugnisse kann auf zwei

---

<sup>39</sup> Vgl. Jünemann et al. [Kreislaufwirtschaft 1994], S. 17.

<sup>40</sup> Erste Ansätze für Automatisierung befinden sich in der Entwicklung, z.B. roboterisierte Systeme bei der Entstückung von Leiterplatten. Vgl. o.V. [Leiterplatten 1995], S. 8. Siehe dazu auch die Zielsetzung des SFB 281 der TU Berlin und des SFB 392 der TH Darmstadt bei Beitz [Produktentwicklung 1995], S. 7, oder den Internetseiten der Sonderforschungsbereiche (URL: <http://www.tu-berlin.de/sfbs/demontage/> und <http://www.muk.maschinenbau.th-darmstadt.de/sfb/>) sowie die Entwürfe einer Demontagezelle des Lehrgebiets Recyclingtechnik der FH Gelsenkirchen.

<sup>41</sup> Vgl. Schulte [Logistik 1995], S. 314.

<sup>42</sup> Vgl. zu den Klassen und den Eigenschaften ihrer Verfahren u.a. Grochla [Materialwirtschaft 1975], Sp. 2633 f., ders. [Grundlagen 1978], S. 40 ff., Pfohl [Logistiksysteme 1996], S. 96 ff., Schulte [Logistik 1995], S. 209 - 226, und Stahlmann [Materialwirtschaft 1988], S. 62 f. und 66. Zu den unterschiedlichen Verfahren der stochastischen und deterministischen Bedarfsermittlung vgl. z.B. Tempelmeier [Material-Logistik 1988], S. 32 - 97 und 102 - 137, sowie Berg [Materialwirtschaft 1979], S. 73 - 84.

<sup>43</sup> Vgl. Warnecke/ Steinhilper [Abfallvermeidung 1984], S. 1206 f., und Steinhilper [Produktrecycling 1988], S. 28 f. und 46.

grundsätzliche Arten geschehen. Zum einen ist die Beachtung der Anzahl der Austauscherzeugnisse bei Transformation der Ursprungsdaten in den Primärbedarf und getrennte Berechnung der Austauscherzeugnisse bei weiteren Bedarfsstufen möglich, zum anderen können die Daten der Austauscherzeugnisse parallel zur traditionellen Bedarfsermittlung verarbeitet werden. Die Auflösung der Stücklisten bei der programmgebundenen Ermittlung und die stochastischen Verfahren bleiben zwar unberührt, doch muß beachtet werden, daß die Austauscherzeugnisfertigung einen Material- und Ersatz- bzw. Bauteilebedarf besitzt und aufgearbeitete Bauteile sowie aufbereitete (Sekundär-)Rohstoffe in der Produktion von Neuprodukten eingesetzt werden können. Für die traditionelle Bedarfsermittlung bedeutet dies die Berücksichtigung zusätzlicher, stochastischer Variablen, deren Verteilung und Erwartungswerte nur sehr schwer zu bestimmen sind. Die Tertiärbedarfsermittlung ist nur in einem geringeren Umfang von der Retroproduktion betroffen, da Betriebs- und Hilfsstoffe häufig nicht von den Industrieunternehmen rezykliert werden. Zusätzlich sind zur Förderung der Rezyklierbarkeit entsprechende Informationen beim Beschaffen von Rohstoffen zu berücksichtigen.<sup>44</sup>

In einem Produktionsprozeß werden die elementaren Produktionsfaktoren Arbeitskraft, Betriebsmittel und Werkstoff durch den dispositiven Faktor zu einer produktiven Einheit kombiniert.<sup>45</sup> In diesem Kombinationsprozeß können Elementarfaktoren (vorwiegend der Faktor Werkstoff) durch Rezyklate ersetzt werden.<sup>46</sup> Qualität, Quantität und zeitliche Verteilung der Produktionsfaktoren besitzen jedoch Auswirkungen auf den Produktionsprozeß. Daher sind die Eigenschaften des vollständig oder partiell substituierten Produktionsfaktors Werkstoff und des eingesetzten Rezyklates zu vergleichen und die möglichen Effekte zu untersuchen.

Zusätzlich wird durch Berücksichtigung des Recyclings ein zweistufiger Planungsprozeß generiert. Dieser muß sowohl am Absatzmarkt für Produkte als auch am Absatzmarkt bzw. bei den Einsatzmöglichkeiten für Rezyklate ansetzen und die adaptierten Instrumente der Logistik berücksichtigen.

Die konsequente Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der Logistik unterstützt Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategien. Es ist jedoch zu beachten, daß auch in der Logistik nicht um jeden Preis Prozeßketten geschlossen und

---

<sup>44</sup> Vgl. Stahlmann [Materialwirtschaft 1988], S. 71 ff.

<sup>45</sup> Vgl. Gutenberg [Grundlagen 1983], S. 298.

<sup>46</sup> Vgl. hierzu und zum folgenden Jahnke [Recycling 1984], S. 61 f.

Kreisläufe geschaffen werden. Es ist hier kritisch anzumerken, daß einige der derzeit genutzten Konzepte aufgrund des hohen Ressourceneinsatzes beim Sammeln und Behandeln der Reststoffe zu gesamtökologisch schlechteren Ergebnissen als die Durchlaufökonomie oder die thermische Entsorgung führen.

### **3.2 Substitution linearer Prozeßketten durch zirkuläre Strukturen**

Ein weiterer Ansatz ist, die Stoffe nicht erst nach ihrer Entstehung als Abfälle zu beachten, sondern lineare durch zirkuläre Prozesse, d.h. nach ökologischen Gesichtspunkten, präventiv zu substituieren. Dadurch wird der end-of-the-pipe-Charakter der Lösungen, die erst nach der Abfallentstehung aktiv werden, vermieden. Es ist proaktiv eine Abfallvermeidung anzustreben. Dabei werden nicht neue Prozesse aufgesetzt, sondern bestehende Strukturen ersetzt.

Eine Substitution bietet sich oftmals an, da in vielen Bereichen ohnehin der Zwang zum Aufbau zyklischer Prozesse besteht. Dies gilt beispielsweise für alle durch die Verordnungen des Bundesumweltministeriums betroffenen Abfallarten (z.B. Verpackungen).

Mit Inkrafttreten des Kreislaufwirtschaftsgesetzes am 7. Oktober 1996 wurde dieser Zwang verstärkt. Neben einer Änderung der Definition der Abfälle sind die in das Gesetz neu aufgenommenen Grundsätze der Kreislaufwirtschaft<sup>47</sup> hierfür von besonderer Bedeutung. Die Zielsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist eine Vermeidung von Abfällen durch die Schaffung eines Wirtschaftskreislaufes.<sup>48</sup> Zur Erreichung des Ziels wird eine Produktverantwortung definiert, welche u.a. „...die Entwicklung, Herstellung und das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die mehrfach verwendbar, technisch langlebig und nach Gebrauch zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung und umweltverträglichen Beseitigung geeignet sind“<sup>49</sup>, umfaßt.<sup>50</sup> Die Bundesregierung wird zusätzlich ermächtigt, Rechtsverordnungen zu erlassen, die bestimmen, daß „...bestimmte Erzeugnisse, insbesondere Verpackungen und Behältnisse,

---

<sup>47</sup> Vgl. Bundestag/Bundesrat [Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994], § 4.

<sup>48</sup> Vgl. Kaluza/Pasckert [Kreislaufwirtschaft 1997], S. 109.

<sup>49</sup> Bundestag/Bundesrat [Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994], § 22 Abs. 2 Nr. 1.

<sup>50</sup> Vgl. zu den Zielen des Gesetzes sowie neu definierten Aufgaben und Verantwortungen z.B. o.V. [Abfallvermeidung 1995], S. 36 f., und Tettinger [Umwelt 1995], S. 34 f.

nur in bestimmter Beschaffenheit oder für bestimmte Verwendungen, bei denen eine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung der anfallenden Abfälle gewährleistet ist, in Verkehr gebracht werden dürfen<sup>51</sup> oder Rücknahme- und Rückgabepflichten für die Produkte definieren<sup>52</sup>.

Eine Substitution ist immer dann zweckmäßig, wenn dadurch ökonomisch und/oder ökologisch bessere Ergebnisse zu erzielen sind als durch das einfache Schließen linearer Prozeßketten. Eine grundsätzliche Vorteilhaftigkeit kann jedoch nicht unterstellt werden.

Das Denken in Kreisläufen muß dennoch traditionelle Logistikkonzeptionen ergänzen und zu einer grundsätzlichen Methode werden.<sup>53</sup> Dies bedeutet die Integration von Ver- und Entsorgungslogistik. Dazu ist auch eine Veränderungs beziehungsweise Adaption der traditionellen Strukturen notwendig.

Mehrwegtransportverpackungen erfüllen einen Großteil der genannten Anforderungen ex definitione, sie werden daher als Beispiel herangezogen, um die Auswirkungen der Substitution linearer Prozesse zu beschreiben.

## **4 Beispiele logistischer Lösungen zur Realisierung der Kreislaufwirtschaft**

### **4.1 Lebenszyklusübergreifende Optimierung durch den Einsatz moderner Identifikationstechniken**

Bei der Optimierung über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg kommt der Informationslogistik eine besondere Bedeutung zu. Optimal wäre es, wenn während der Produktions-, Gebrauchs- und Recyclingphase möglichst viele Informationen über das Produkt und seine Bestandteile vorliegen würden.

Ein Ansatz, die notwendige Informationsversorgung sicherzustellen, ist die Ausstattung aller Produkte mit einem Informationsträger. Neben den traditionellen Informationsträgern kommen insbesondere moderne Techniken in Betracht. Aufgrund der großen Nutzenpotentiale ist der Einsatz moderner Identifikationstechniken im besonderen zu analysieren. Im folgenden werden daher exemplarisch die Transpondersysteme auf ihre Einsatzmöglichkeiten untersucht.

---

<sup>51</sup> Bundestag/Bundesrat [Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994], § 23 Nr. 1 (Hervorhebung nicht im Original).

<sup>52</sup> Vgl. Bundestag/Bundesrat [Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994], § 24.

<sup>53</sup> Vgl. Großmann [Transportverpackungen 1994], S. 176.

Transponder sind kleine passive Datenspeicher, die berührungslos mit elektromagnetischen Wellen programmiert und ausgelesen werden können.<sup>54</sup> Ihre Speicherkapazitäten betragen von wenigen Byte bis zu 32 kByte und mehr. Da sie keine Energiespeicher enthalten, ist ihre theoretische Lebensdauer unendlich.

Infolge ihrer hohen Lebenserwartung und der Einsetzbarkeit „...in Umgebungen mit hohen Schmutz-, Staub-, und Feuchtigkeitsanteilen sowie bei schlechten Sichtverhältnissen...“<sup>55</sup> sind diese Systeme vielseitig nutzbar. Transpondersysteme können z.B. für die Identifikation von Abfallbehältern zur individuellen Anlastung der Entsorgungsgebühren<sup>56</sup> eingesetzt werden und eignen sich zur Steuerung der Logistik bei Recyclingprozessen<sup>57</sup>.

Diese Kennzeichen der Transpondersysteme führen zu einer hohen Attraktivität bezüglich eines Einsatzes bei der logistischen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft. Einerseits ist die Kennzeichnung von Behältern und Verpackungen denkbar, die eine genaue Identifikation der Behälter und deren Inhalte ermöglicht. Bei (automatisierten) inner- und außerbetrieblichen Sammelkonzepten führt dies zu erheblichen Rationalisierungsergebnissen. Behälter können automatisch erfaßt, die Inhalte identifiziert sowie dem Recycling und/oder dem Wiedereinsatz zugeführt werden.

Andererseits ist die Kennzeichnung von Produkten vorstellbar. Dies könnte zu „dokumentativen Produkten“<sup>58</sup> führen. Diese Produkte können Informationen für die Unterstützung der Kreislaufwirtschaft speichern und bei Bedarf zur Verfügung stellen. Es können z.B. Informationen über die enthaltenen Bauteile, Bau- bzw. Demontagepläne, Informationen über die eingesetzten Werkstoffe und Steuerungsinformationen für die Recyclingprozesse gespeichert werden. Ebenso ist es denkbar, daß Angaben über den Grad der Nutzung eines Produktes bzw. über die weitere Nutzbarkeit der Bauteile und Rezyklate während

---

<sup>54</sup> Zur Funktionsweise von Transpondersystemen vgl. u.a. AEG [Electronic Identification o.J.], Nolte [TIRIS 1994], Siemens [Identifikationssysteme 1994] und Texas Instruments [TIRIS 1994].

<sup>55</sup> Texas Instruments [TIRIS 1994], S. 4.

<sup>56</sup> Vgl. Texas Instruments [Anwendungsprofil o.J.] und dies. [Abfallentsorgung o.J.]. Die Beispiele des Herstellers beziehen sich zwar auf die Hausmüllentsorgung, ein Einsatz ist aber auch innerbetrieblich denkbar.

<sup>57</sup> Vgl. Siemens [Identsysteme MOBY o.J.]. Zu weiteren Beispielen vgl. Texas Instruments [Hochfrequenz-Identifikationssystem 1992].

<sup>58</sup> Vgl. auch die Beiträge von Kirchgeorg und Pasckert in diesem Band.

der Gebrauchsphase gesammelt und bei einem späteren Recycling verwendet werden.

Die Datensammlung und -speicherung über den gesamten Produkt-Lebens-Zyklus, d.h. schon beginnend mit den Informationen der Entstehungsphase bis zu der Gebrauchsphase, und deren Nutzung bei der Entsorgung führen zu einer Optimierung über den Produkt-Lebens-Zyklus. Es werden die notwendigen Informationen für die Sammlung, die (logistische) Durchführung der Recyclingprozesse und für den Wiedereinsatz der Rezyklate systematisch genutzt. Nachteilig wirken sich jedoch die hohen Kosten der Transpondersysteme aus, so daß eine hohe Verbreitung zur Zeit nicht wahrscheinlich ist.

## **4.2 Zirkuläre Strukturen durch Recycling von Elektronikgeräten bei Rank Xerox**

Während in der Bundesrepublik Deutschland nur 3 % des anfallenden Elektronikschrottes wiederverwendet werden, hat die Firma Rank Xerox ein innovatives und sehr erfolgreiches Konzept entwickelt, um lineare Prozeßketten durch Recycling zu schließen.<sup>59</sup> Am größten europäischen Produktionsstandort in Venray, Niederlande, wurde 1987 die Asset Recovery Operation (ARO) gegründet.<sup>60</sup>

Ziel war es, Produktion und Wiederverwendung sowie -verwertung zu verbinden.<sup>61</sup> Dies wurde durch die Integration des Recycling Center und des Logistik Center in eine Produktionsstätte erreicht. Dort erfolgt die Festlegung und Sicherstellung aller notwendigen TUL-Prozesse für das Recycling.

Es werden in Venray z.B. bis zu 97 Gew.-% der einzelnen Kopiergeräte (das sind ca. 80 % der Bauteile) rezykliert und bis zu 25 % Rezyklate bei der Neuproduktion eingesetzt. Absolut betrug die Anzahl wiederverwendeter Bauteile im Jahre 1994 ca. 2,4 Mio. Stück. In der ersten Hälfte des Jahres 1997 wurden bereits über 1,7 Mio. Stück eingesetzt.<sup>62</sup> Die Abb. 8 zeigt die ökonomische und ökologische Bedeutung des Recyclingprogramms bei Rank Xerox. Das Datenmaterial wurde mit Hilfe der Angaben von Herrn Hendrikx aktualisiert.

---

<sup>59</sup> Vgl. zu diesem Beispiel ausführlich Rank Xerox GmbH [Umwelt 1994].

<sup>60</sup> Vgl. Rank Xerox GmbH [Umwelt 1994], S. 12, und dies. [Umweltschutzbericht 1995], S. 28 f. Siehe auch die Rubrik Umwelt auf der deutschen Homepage von Rank Xerox (URL: <http://www.rankxerox.de/>).

<sup>61</sup> Vgl. hierzu und zum folgenden Rank Xerox GmbH [Umwelt 1994], S. 7 - 11.

<sup>62</sup> Telefax-Mitteilung von Herrn L. F. Hendrikx, Rank Xerox B.V. Venry, vom 04.12.1997.

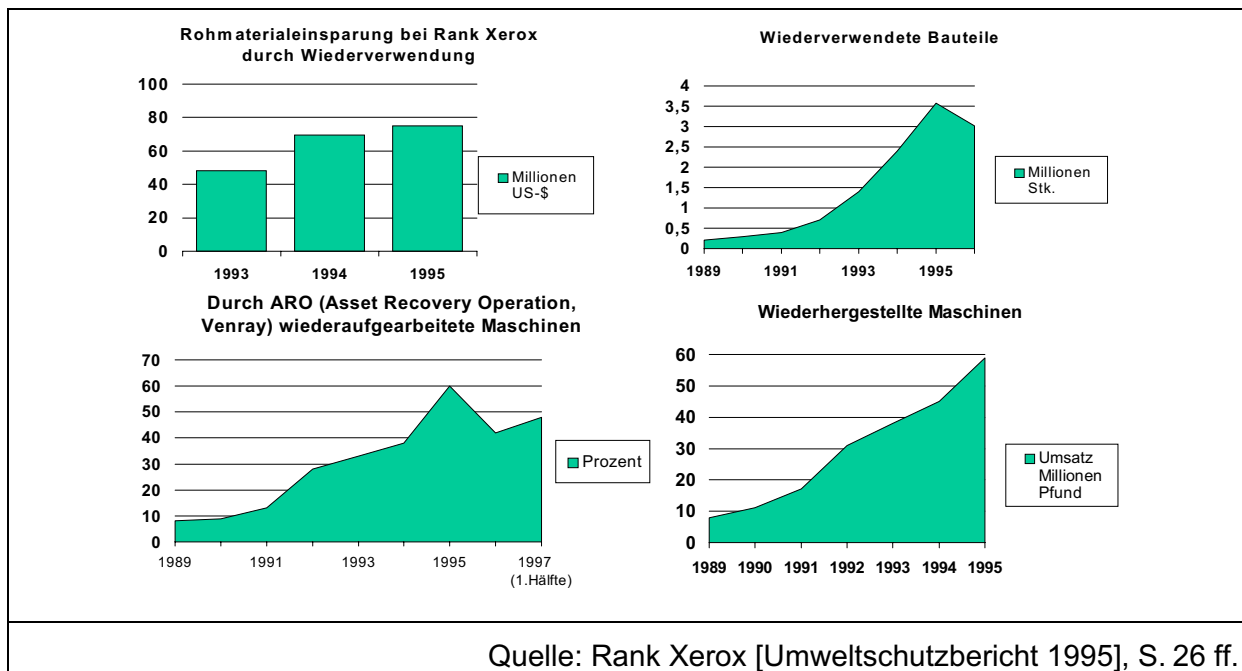


Abb. 8: Wiederverwendung (Wiederherstellung) bei Rank Xerox

Ein Qualitätsverlust ist bei neuen Kopierern nicht festzustellen. Das Unternehmen gewährt deshalb drei Jahre Garantie. Dazu sind neben einer recyclingorientierten Konstruktion bei Neugeräten insbesondere die zerstörungsfreie Demontage notwendig, deren Voraussetzungen die Kennzeichnung aller Bestandteile und die ständige Optimierung der Recyclingprozesse sind.

Für die Retrodistribution werden unterschiedliche Kanäle genutzt. Große Mengen werden mit Hilfe des Logistikdienstleisters LPR und Kleinstmengen durch die Servicetechniker nach Venray gebracht. Verbrauchsmaterialien können von den Kunden über Paketdienste zu Rank Xerox geschickt werden. Größere Mengen werden in speziellen Behältern gesammelt und beim Kunden durch beauftragte Drittunternehmen abgeholt. Die Kombination dieser unterschiedlichen Kanäle und Konzepte führt zu einer effizienten Retrodistribution.

Beim Recycling findet die Optimierung der Logistikprozesse nicht nur außerbetrieblich statt. Damit keine unnötigen Wartezeiten und Lagerzeiten für Rezyklate entstehen, sind Recycling und Montage von Neuprodukten in benachbarten Hallen untergebracht. Der Einbau von Gebrauchtteilen erfolgt so maximal 30 min. nach der Qualitätskontrolle.

Rank Xerox konnte mit diesem Konzept allein im Jahre 1994 Materialkosten in Höhe von über 69,5 Mio. US-\$ einsparen. Der konsequenten Optimierung der inner- und außerbetrieblichen Logistik kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Es zeigt sich, daß die getrennte Erfassung der Reststoffe, der optimierte Transport und der gezielte Einsatz logistischer Methoden notwendige Voraussetzungen für die effektive Schließung linearer Prozeßketten sind.

### 4.3 Mehrwegtransportsysteme als Instrumente zur Substitution linearer Prozeßketten

Die Verpackungslogistik stellte in der Vergangenheit einen unterbewerteten und vernachlässigten Bereich der Unternehmenspolitik dar.<sup>63</sup> Zu Zeit erfährt dieses Gebiet jedoch durch ökologische und ökonomische Problematiken des unternehmerischen Handelns eine besondere Bedeutung.

Die Produktion in einer Volkswirtschaft ist mit vielen Prozessen verbunden, in denen an allen Stufen Abfälle entstehen. Aufgrund der Arbeitsteiligkeit der Produktion sind TUL-Prozesse an den Prozeßübergängen notwendig. Es entstehen in allen Stufen der betrieblichen und volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsketten Verpackungsabfälle.<sup>64</sup> Mit steigender Veredelung der Güter nimmt dabei ceteris paribus die entstehende Menge an Verpackungsabfällen zu, da vermehrt Schutzfunktionen und Handlingaufgaben wahrgenommen werden müssen.<sup>65</sup> Die Abfallentstehung im Güterkreislauf stellt Abb. 9 dar.

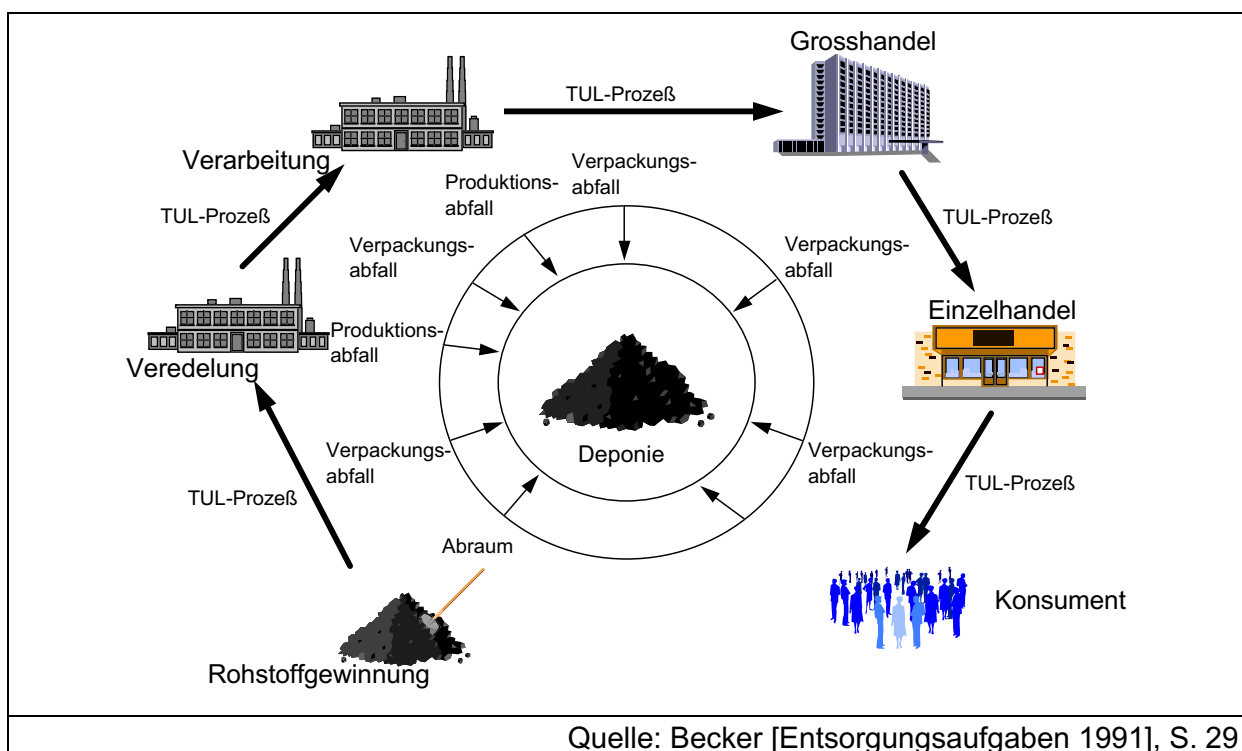


Abb. 9: Abfallentstehung im Güterkreislauf

<sup>63</sup> Vgl. Lange [Umfeld 1994], S. 84.

<sup>64</sup> Vgl. Becker [Entsorgungsaufgaben 1991], S. 34 f.

<sup>65</sup> Vgl. auch Rummler/Schutt [Verpackungsverordnung 1991], S. 17.

Der Anteil der Verpackungen am Hausmüll und den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen ist dementsprechend erheblich. Er liegt bei ca. 50 % des Volumens bzw. 30 % des Gewichtes;<sup>66</sup> bezogen auf die Gesamtabfallmenge sind dies ca. 7-8 %<sup>67</sup>. In Abhängigkeit von den verwendeten Materialien wurden, sofern eine getrennte Erfassung möglich war, zum Teil beachtliche Verwertungsquoten erzielt (Glas 54 %, Weißblech 50 %, Kunststoff nur 1 - 2 %).<sup>68</sup> Stofflich nicht verwertbare oder nicht verwertete Verpackungen wurden zu 70 % deponiert und zu 30 % verbrannt. Diese Angaben zeigen, daß Verpackungsabfälle die Deponien in sehr hohem Umfang belasten. Dieser Verbrauch des Deponieraums ist neben den sonstigen Belastungen der Umweltmedien durch Abfälle und Rückstände aus Produktions- und Konsumprozessen ein wesentlicher Grund für den Erlass der Verpackungsverordnung. Die Verpackungsverordnung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit verpflichtet Industrie- und Handelsunternehmen zur Rücknahme sowie stofflichen Verwertung ge- und verbrauchter Verpackungen.

Ein einfacher und vollständiger Verzicht auf alle Verpackungsmaterialien ist in diesem Prozeßablauf nicht möglich. Eine Reduktion der Verpackungsabfälle ist besonders durch folgende drei Ansätze zu erzielen:

- eine optimierte Verpackungsgestaltung führt zu einer Reduktion der Materialvielfalt und des Packstoffeinsatzes pro Verpackung bei gleicher oder höherer Menge an Packgut,
- Abpacker verzichten auf einige Verpackungsfunktionen oder kumulieren diese auf weniger Verpackungen, so daß bestimmte Verpackungen vollständig entfallen, oder
- Verpackungsabfälle werden durch mehrfache Benutzung der Verpackungen vermieden.<sup>69</sup>

Diese Ansätze wurden jedoch in den vergangenen 40 Jahren kaum berücksichtigt. Dies lag zum einen an einer Dominanz von Marketingaspekten bei der

---

<sup>66</sup> Vgl. Katalyse [Müllvermeidung 1991], S. 13, Rummler/Schutt [Verpackungsverordnung 1991], S. 13, Fridrici [Verpackungsverordnung 1993], S. 159, und Keck [Chancen 1993].

<sup>67</sup> Vgl. Klöckner [Verpackung 1992], S. 96 f.

<sup>68</sup> Vgl. Rummler/Schutt [Verpackungsverordnung 1991], S. 14.

<sup>69</sup> Vgl. z.B. Hopfenbeck [Management 1990], S. 276 f., Balderjahn [Verpackungsverordnung 1994], S. 484, Goldberg [Lösungen 1994], S. 66, und o.V. [Lieferanten 1995], S. 33. Der Einsatz von Rezyklaten oder rezyklierbaren Materialien zählt nicht zur Reduktion des Abfallaufkommens, sondern nur zur Abfallverwertung und wird daher hier nicht weiter untersucht.

Verpackungsgestaltung, d. h. logistische und ökologische Parameter wurden nicht in genügendem Umfang beachtet, und zum anderen waren die monetären und nichtmonetären Anreize zur Abfallvermeidung für die Unternehmen kaum spürbar. Die Verpackungsproduktion und -verwendung sind daher stetig gewachsen.

Dabei gehört nicht nur die Behandlung der Verpackungsabfälle, sondern auch der Einsatz von Mehrwegverpackungen zur Abfallwirtschaft. Das Nutzen von Mehrwegsystemen zählt nach gängigen Definitionen zur Abfallverwertung und damit zur Abfallwirtschaft.<sup>70</sup> Es zeigt sich, daß in der wissenschaftlichen und praktischen Auffassung der Abfallwirtschaft noch erhebliche Defizite vorhanden sind. Dies gilt, obwohl die Aussage bereits schon 1985 publiziert wurde, immer noch für den heute aktuellen Einsatz von Mehrwegtransportsystemen.

Es ist zweckmäßig, die Verpackungssysteme nach der Verwendungshäufigkeit zwischen Einweg- und Mehrwegverpackungen zu unterscheiden.<sup>71</sup> Einwegverpackungen erfüllen den primären Zweck, die Umhüllung von Gütern und die Erfüllung von Funktionen bei TUL-Prozessen, nur einmal. Eine eventuell mögliche Weiterverwendung wird dabei nicht berücksichtigt. Mehrwegverpackungen erfüllen den primären Zweck mehrmals, wobei in dieser Gruppe noch zwischen mehrfach verwendbaren Verpackungen (fünf bis zehn Umläufe)<sup>72</sup> und echten Mehrwegsysteme (bis zu 200 Umläufe)<sup>73</sup> zu differenzieren ist.

Die Einwegverpackungen sind weiter in lineare und zyklische Systeme zu unterteilen.<sup>74</sup> Lineare Systeme sind durch eine einmalige Nutzung der Verpackungen zwischen Versender und Warenempfänger mit anschließender Entsorgung durch den Warenempfänger unter Einbeziehung der kommunalen Entsorger (Deponierung oder thermische Verwertung) gekennzeichnet. Die Verantwortung für die Entsorgung der Verpackungen und Verpackungsabfälle ist hier auf die Empfänger übergegangen. Lineare (Verpackungs-)Systeme sind damit als ein typisches Beispiel für die sogenannte Durchlaufökonomie anzusehen.<sup>75</sup> Umweltpolitische Rahmenbedingungen und Ziele verlangen jedoch,

---

<sup>70</sup> Vgl. Jakobi [Systematik 1985], S. 43 ff.

<sup>71</sup> Vgl. Sieghardt [Entscheidungskriterien 1978], S. 4.

<sup>72</sup> Vgl. o.V. [Mehrweg 1991], S. 7.

<sup>73</sup> Vgl. Bläsius [Klassisch 1992], S. 22, und o.V. [Mehrweg-Box 1992], S. 30.

<sup>74</sup> Vgl. z.B. zum folgenden Lange [Kalkulation 1992], S. 65.

<sup>75</sup> Vgl. Kaiser/Maier [Leistungen 1991], S. 47, und Hopfenbeck [Managementlehre 1991], S. 893 ff.

Verpackungen in das Konzept der Kreislaufökonomie einzufügen.<sup>76</sup> Zyklische Systeme versuchen daher, die linearen Systeme durch Recyclingprozesse zu schließen und so Sekundärrohstoffe für neue Packstoffe und/oder andere Produkte zu gewinnen. Das Abfallgesetz sowie das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz und die Verpackungsverordnung postulieren das Ziel der sogenannten Kreislaufökonomie.<sup>77</sup> Es ist deshalb mit einer Zunahme zyklischer Systeme zu rechnen.<sup>78</sup>

Zur Erreichung des Ziels, lineare Prozesse durch zirkuläre Strukturen zu substituieren, werden Mehrwegtransportsysteme eingesetzt, die zur Abfallvermeidung beitragen. Um den individuellen Anforderungen der Abpacker zu genügen, existieren am Markt viele unterschiedliche Systeme.<sup>79</sup>

Mehrwegtransportsysteme sind die zwischen Wirtschaftsunternehmen eingesetzten Transportsysteme, bei denen mit Hilfe einer geeigneten Rücknahme- und Sammelorganisation sowie Vorbehandlung eine mehrfache Verwendung der eingesetzten Verkehrsträger und Transportverpackungen sichergestellt ist.

Die große betriebswirtschaftliche Bedeutung dieser Systeme wird durch mehrere Aspekte deutlich.<sup>80</sup> Einerseits müssen Industrieunternehmen staatlichen Restriktionen folgen, andererseits ist es jedoch zweckmäßig, eine Verschärfung bzw. Ausweitung der Restriktionen durch freiwillige Maßnahmen zu vermeiden. Im Wettbewerb mit anderen Unternehmen ist eventuell sogar eine Strategie des Öko-Leadership<sup>81</sup> anzuwenden, d.h. durch freiwillige Maßnahmen den Verpackungsabfall zu minimieren und mit Hilfe eines ökologieorientierten Image Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht trägt der Einsatz von Mehrwegtransportsystemen dazu bei, diese ökologischen und ökonomischen Ziele zu erreichen. Dies ist um so wichtiger, als daß im Bereich der Verpackungen durch die Verpackungsverordnung für die Unternehmen ein ökonomischer Anreiz geschaf-

---

<sup>76</sup> Vgl. Stahlmann [Materialwirtschaft 1989], S. 101 ff., Kaiser/Maier [Leistungen 1991], S. 47, und Adams [Kreis 1991], S. 33.

<sup>77</sup> Vgl. Bundestag/Bundesrat [Abfallgesetz 1986], § 3 Abs. 2 Satz 3.

<sup>78</sup> Vgl. z.B. Lange [Kalkulation 1992], S. 65.

<sup>79</sup> Vgl. z.B. Wildemann [Behältersysteme 1993] und ders. [Behälter 1994].

<sup>80</sup> Die betriebswirtschaftlichen Aspekte der Verpackungsverordnung werden u.a. umfassend von Balderjahn [Verpackungsverordnung 1994] untersucht.

<sup>81</sup> Zur Strategie des Öko-Leadership siehe den Beitrag von Müller-Kischbaum in diesem Band.

fen wurde, die eingesetzte Packmaterialmenge zu reduzieren. Es bestehen aber große Unterschiede zwischen den einzelnen Systemtypen und den durch sie abgedeckten Leistungen der Betreiber.<sup>82</sup> Ihre Einsatzmöglichkeiten differieren daher in hohem Maße. Die Abb. 10 zeigt, welche Leistungen durch die unterschiedlichen Typen von Mehrwegtransportsystemen erbracht werden.

	Individuelles System	Bilaterales System	Tauschpool	Pool ohne Rückführlogistik	Pool mit Rückführlogistik (Transferprinzip)	Pool mit Rückführlogistik (Pfandsystem)	Pool mit Rückführlogistik (Verbuchungssystem)
Behälterbereitstellung	○	●	●	●	●	●	●
Vollguttransport	○	○	○	○	○	◐	◐
Leerguttransport	○	○	●	○	◐	●	●
Lagerung	○	◐	◐	●	○	●	●
Sammeln	○	◐	◐	○	◐	●	●
Reinigen	○	○	○	●	○	◐	◐
Kontrolle	○	◐	◐	○	○	●	●
Reparatur	○	●	●	●	●	◐	◐
Packmittelverfolgung und -verbuchung	○	○	●	○	○	○	●

○ nicht abgedeckt    ◐ in einigen Systemen enthalten    ● durch Systembetreiber abgedeckt

Abb. 10: Leistungsumfänge von Mehrwegtransportsystemen

Die Anzahl der Poolteilnehmer nimmt vom individuellen System über den Tauschpool bis zum Poolsystem mit Rückführlogistik zu. Dabei steigt gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit, daß ein zentraler Dienstleister als Systembetreiber auftritt.<sup>83</sup> Dies führt zwangsweise aber auch dazu, daß das System nicht mehr an den individuellen Anforderungen ausgerichtet werden kann und gegebenenfalls der Aufwand für Anpassungsmaßnahmen von dem jeweiligen Mehrwegtransportsystem zu den Systemteilnehmern verlagert wird. In Abb. 11 wird dieser Sachverhalt dargestellt.

<sup>82</sup> Vgl. dazu beispielsweise die Marktübersichten bei o.V. [Mehrweg 1992], Frerich-Sagurna/Lange [Mehrweg-Transport-Verpackungssysteme 1993], Lange [Mehrwegmarkt 1993] und Lützebauer [Mehrwegsysteme 1993]. Aktuelle Entwicklungen werden z.B. bei Lützebauer [Mehrwegverpackungslösungen 1993], S. 72 - 75, vorgestellt.

<sup>83</sup> Vgl. Boeckle [Verpackungssysteme 1994], S. 158.

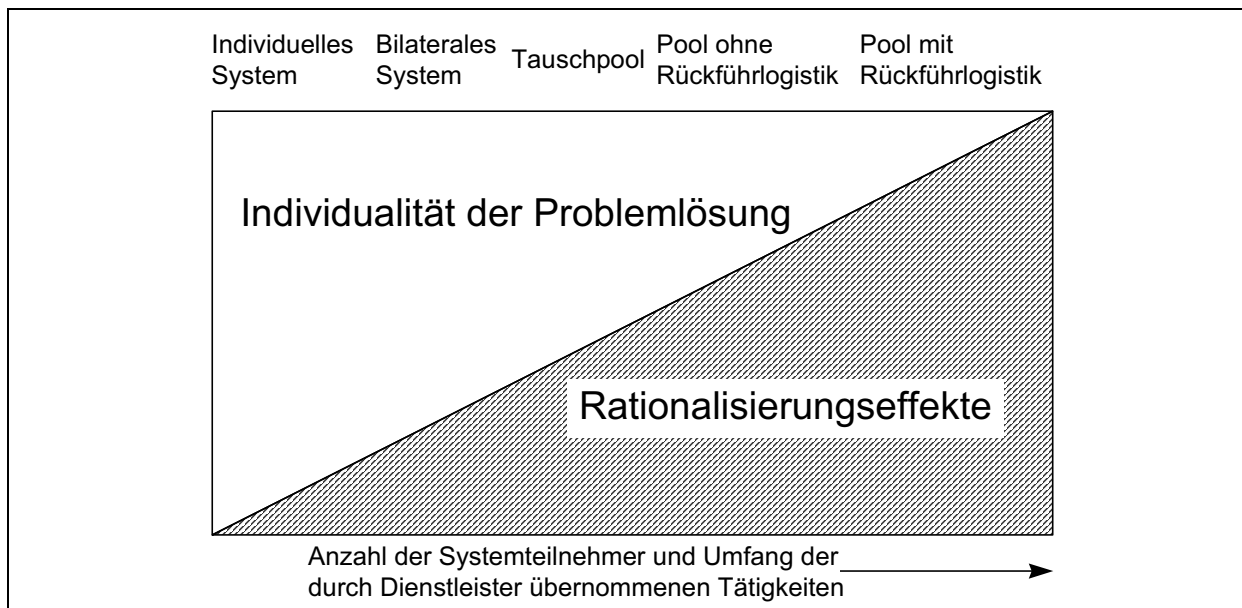


Abb. 11: Individualität der Problemlösung und Rationalisierungseffekte von Mehrwegtransportsystemen

Es bleibt somit festzuhalten, daß insbesondere die Anzahl der potentiellen Systemteilnehmer, die Intensität der Beziehungen des Warenaustausches und die individuellen Anforderungen an die Systemleistungen zentrale Kriterien für die Bewertung und Auswahl eines Mehrwegtransportsystems sind.<sup>84</sup> Diese Aspekte determinieren damit auch die Eignung der Mehrwegtransportsysteme als Abfallvermeidungsstrategie beziehungsweise als Instrument zur Substitution linearer Prozesse.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Wir konnten zeigen, daß besonders zwei Strategien für die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der Logistik geeignet sind: Schließen linearer Prozesse und Substitution linearer Prozesse durch zirkuläre Strukturen.

Die lebenszyklusübergreifende Optimierung ist die grundlegende Voraussetzung für die beiden Strategien der Logistik in der Kreislaufwirtschaft. Diese zwei Strategien können als gleichberechtigt bezüglich der logistischen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft betrachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine Substitution oftmals ökonomisch und ökologisch bessere Ergebnisse erzielt als die Schließung. Dennoch ist eine prinzipielle Vorteilhaftigkeit nicht festzustellen.

<sup>84</sup> Vgl. zu dieser Auffassung z.B. Lammers [Masse 1992], S. 29, Lützebauer [Leistungsspektrum 1992], S. 71 ff., und Runge [Verpackungsprobleme 1992], S. 34 ff.

Als Anforderungen an die Logistik treten insbesondere die Notwendigkeit zur Informationsbereitstellung und die Zunahme der Komplexität bei allen Planungs- und Kontrollmechanismen durch die Berücksichtigung stochastischer Variablen auf. Es entsteht in vielen Fällen ein zweistufiger Planungsprozeß, der dieses Problem noch weiter verschärft.

Grundsätzlich ist eine Integration von Versorgungs- und Entsorgungslogistik anzustreben. Dazu muß ein Kreislaufdenken die traditionellen Logistikkonzeptionen ergänzen und wird zu einer grundsätzlichen Methode ausgebaut. Die traditionellen charakteristischen Merkmale der Logistik:<sup>85</sup> wertorientiertes Denken, Systemdenken, Gesamtkostendenken, Servicedenken und technisch-wirtschaftliches Effizienzdenken, sind so durch eine neue Kategorie, das Denken in Kreisläufen, zu ergänzen.

Die Kreislaufwirtschaft stellt aber nicht nur hohe Anforderungen an die Unternehmen, sondern sie kann auch als eine Chance begriffen werden. Es können neue Geschäftsfelder entstehen, Interdependenzen bei Nutzung moderner Technologien genutzt sowie eine übergreifende Optimierung durchgeführt werden, so daß die Einsparung von (Entsorgungs-)Kosten möglich und die Verfügbarkeit von (Sekundär-)Rohstoffen gesteigert werden.

Demgegenüber steht aber z.B. das Risiko, daß Kostensteigerungen in der Logistik zu einer erheblichen Belastung der Unternehmen führen. Des weiteren können die Komplexitätssteigerung der betrieblichen Prozesse, eine Intensivierung des Verkehrs und der notwendige Ressourceneinsatz ökologische Probleme bei der Umsetzung verursachen.

Insbesondere aufgrund dieser Chancen und Risiken sind die Logistik und die Ökologie explizit in die strategische Planung einzubeziehen und als strategische Erfolgspotentiale zu begreifen. Dieser Zusammenhang wird in Abb. 12 gezeigt. Der erhebliche Stellenwert der Ökologie als Erfolgsfaktor in der Logistik und die strategische Bedeutung dieser beiden Faktoren konnten in Forschungsprojekten sowohl theoretisch als auch empirisch nachgewiesen werden.<sup>86</sup>

---

<sup>85</sup> Vgl. dazu u.a. Pfohl [Logistiksysteme 1996], S. 20 - 42.

<sup>86</sup> Vgl. Göpfert/Wehberg [Konsumentenverhalten 1994], dies. [Wettbewerbschancen 1994], dies. [Öko-Logistik 1995], S. 42 - 46, und dies. [Logistik-Marketing 1995].

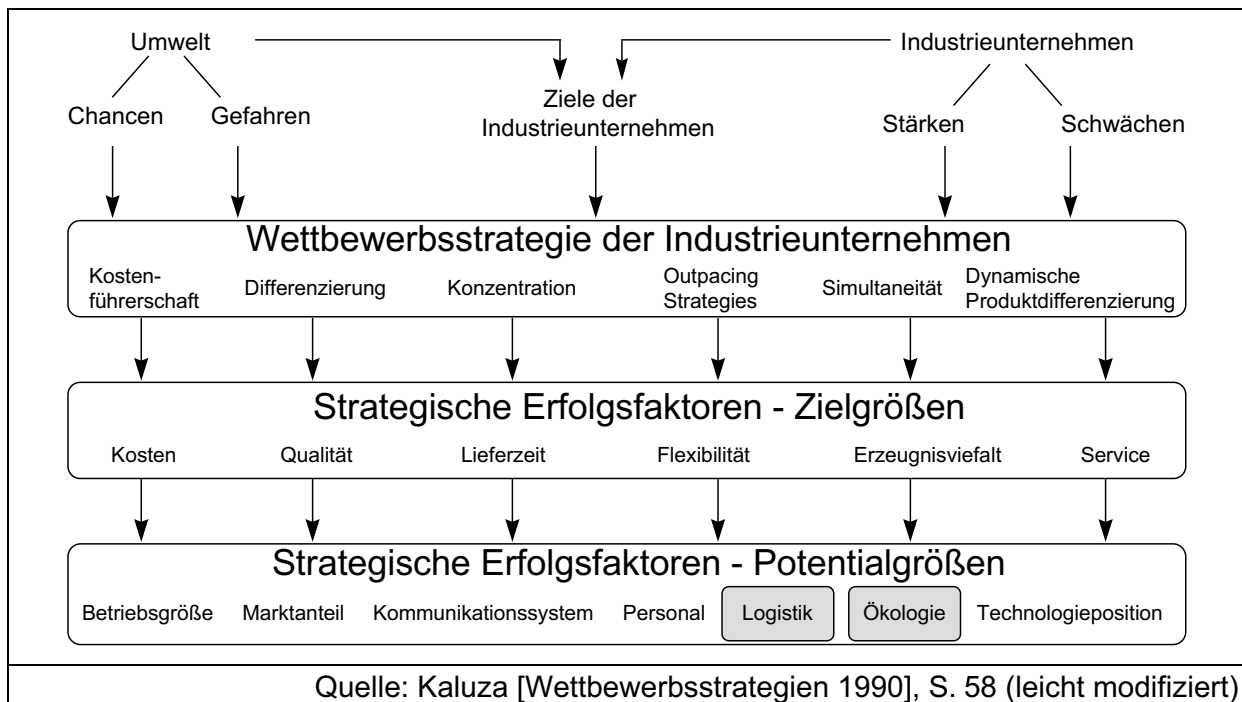


Abb. 12: Wettbewerbsstrategien und strategische Erfolgsfaktoren

Aus operativer Sicht sind zudem weitere Aspekte der Kreislaufwirtschaft festzustellen. Entsorgungslogistik ist eine betriebliche Querschnittsfunktion, die nicht nur in der Produktion, sondern lebenszyklusübergreifend, d.h. schon ab der Planung, ansetzen muß.<sup>87</sup> Im Idealfall sind somit aufgrund der vielfältigen interdisziplinären Anforderungen die Aufgaben der Umsetzung organisatorisch den Logistikabteilungen zuzuordnen. Ein ähnliches Konzept wird im Schrifttum unter dem Stichwort der umweltorientierten Materialwirtschaft diskutiert.<sup>88</sup> Dies kann insbesondere durch die hohe Relevanz der Sammellogistik bei der effizienten Umsetzung der Kreislaufwirtschaft begründet werden. Können diese sehr weitreichenden Ansätze nicht umgesetzt werden, ist zumindest eine enge inhaltliche Abstimmung der traditionellen Funktionen mit der Entsorgungslogistik erforderlich.<sup>89</sup>

Dieser eventuell provokativ anmutender Ansatz verlangt, daß Logistik und Ökologie organisatorisch zusammenzufassen sowie gemeinsam zu planen und zu optimieren sind. Die in Logistikabteilungen tätigen Ingenieure können

<sup>87</sup> Vgl. Rinschede [Entsorgungslogistik 1992], S. 72 f.

<sup>88</sup> Vgl. Stahlmann [Materialwirtschaft 1988], S. 49 f., und ders. [Materialwirtschaft 1991], S. 384 und 421.

<sup>89</sup> Organisatorische Aspekte der Entsorgungslogistik diskutiert z.B. Stölzle [Organisation 1993].

in beiden Aufgabenfeldern eingesetzt werden. Dem Querschnittscharakter der Logistik wird nur diese Organisationsform konsequent gerecht. Dies gilt insbesondere für die Datenermittlung, die ökonomische und technische Informationen für die Prozeßsteuerung benötigt. Ebenso kann z.B. der Einkauf unter Umständen auch für den Sekundärrohstoffverkauf beziehungsweise für die Weitergabe von Reststoffen an Vorlieferanten verantwortlich sein.

Es ist somit zu konstatieren, daß die logistische Umsetzung der Kreislaufwirtschaft sowohl im strategischen als auch im operativen Bereich zu bedeutenden Anforderungen führt. Aus der logistischen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft resultieren ebenfalls erhebliche ökologische Konsequenzen. Die Logistik unterstützt wesentlich die Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategien. Dies gilt insbesondere für die Verminderung des Rohstoffeinsatzes, die ökologieorientierte Produktions- und Produktumgestaltung sowie die übergreifende Optimierung.

Mögliche Gefahren sind z.B. dadurch zu erwarten, daß eine übermäßige ökologische Euphorie und Marketingaspekte zur Bevorzugung der gesamtökologisch schlechteren Variante führen können und eine inkonsequente Umsetzung zur Dominanz von end-of-the-pipe-Konzepten führt.

Zukünftig sind Lösungsansätze für die zur Zeit noch existierenden Probleme zu erwarten. Durch die Möglichkeit zu aufbau- *und* ablauforganisatorischen Verbesserungen werden Rationalisierungserfolge erzielt, und der Einsatz neuer Technologien, wie Transpondersystemen, kann die Recyclingkonzepte und deren logistische Umsetzung nachhaltig unterstützen.

## Literaturverzeichnis

### **Adams [Kreis 1991]**

Adams, H. W.: Der Kreis schließt sich, in: Ba, (1991)12, S. 31 - 34.

### **AEG [Electronic Identification o.J.]**

AEG (Hrsg.): Electronic Identification: trovan, o.O. o.J.

### **Balderjahn [Verpackungsverordnung 1994]**

Balderjahn, I.: Betriebswirtschaftliche Aspekte der Verpackungsverordnung, in: DBW, 54(1994)4, S. 481 - 499.

### **Becker [Abfallentstehungsarten 1991]**

Becker, T.: Abfallentstehungsarten, in: Jünemann, R. (Hrsg.): Entsorgungslogistik I, Berlin 1991, S. 29 - 38.

### **Beitz [Produktentwicklung 1995]**

Beitz, W.: Umweltschutz ist eine Herausforderung für die Produktentwicklung. Hersteller von Großserien wollen Recyclingeigenschaften der Produkte verbessern, in: BddW, 28.08.1995, S. 7.

### **Berg [Materialwirtschaft 1979]**

Berg, C. C.: Materialwirtschaft, Stuttgart - New York 1979.

### **Berg [Recycling 1979]**

Berg, C. C.: Recycling in betriebswirtschaftlicher Sicht, in: WiSt, 8(1979)5, S. 201 - 205.

### **Bläsius [Klassisch 1992]**

Bläsius, W.: Klassisch und Innovativ, in: Lh, 14(1992)1/2, S. 21 - 22.

### **Boeckle [Verpackungssysteme 1994]**

Boeckle, U.: Modelle von Verpackungssystemen. Lebenszyklusorientierte Untersuchung, Wiesbaden 1994.

### **Bundestag/Bundesrat [Abfallgesetz 1986]**

Bundestag/Bundesrat: Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz - AbfG) vom 27. August 1986, BGBl. I S. 1410, ber. S. 1501, zuletzt geändert durch G zu dem Einigungsvertrag vom 23.09.1990, BGBl. II, S. 885, Bonn 1986.

### **Bundestag/Bundesrat [Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994]**

Bundestag/Bundesrat: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen, BGBl. I, S. 2705, Bonn 1994.

### **Corsten/Götzelmann [Abfallvermeidung 1992]**

Corsten, H./Götzelmann, F.: Abfallvermeidung und Reststoffverwertung — Eine produkt- und verfahrensorientierte Analyse, in: BFuP, 44(1992)2, S. 102 - 119.

### **Corsten/Reiss [Recycling 1991]**

Corsten, H./Reiss, M.: Recycling in PPS-Systemen, in: DBW, 51(1991)5, S. 615 - 627.

### **Dutz [Strategien 1992]**

Dutz, E.: Abfallwirtschaftliche Strategien, in: Bonny, C. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 1992, Düsseldorf 1992, S. 160 - 163.

### **Frerich-Sagurna/Lange [Mehrweg-Transport-Systeme 1993]**

Frerich-Sagurna, R./Lange, V.: Mehrweg-Transport-Systeme. Marktübersicht, Dortmund 1993.

### **Frey [Umweltökonomie 1985]**

Frey, B. S.: Umweltökonomie, 2., erw. Aufl., Göttingen 1985.

**Fridrici [Verpackungsverordnung 1993]**

Fridrici, D.: Auf vielen Wegen funktional. Die Verpackungsverordnung als Herausforderung, in: PackReport, (1993)5, S. 158 - 162.

**Goldberg [Lösungen 1994]**

Goldberg, H.: Integrale Lösungen gefordert. Verpackung — Zwischen Funktion und Ökologie, in: Ba, (1994)6, S. 66.

**Göpfert/Wehberg [Konsumentenverhalten 1994]**

Göpfert, I./Wehberg, G.: Ganzheitlich-umweltbewußtes Konsumentenverhalten, Start-up-Analyse des Erfolgspotentials ökologieorientierter Sekundärleistungen der Logistik von Industrie und Handel — Bericht eines Forschungsprojektes für die Union Deutsche Lebensmittelwerke GmbH, Deutsche Unilever, Arbeitspapier des Lehrstuhls für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Logistik, Phillips-Universität Marburg, Nr. 3, Marburg 1994.

**Göpfert/Wehberg [Wettbewerbschancen 1994]**

Göpfert, I./Wehberg, G.: Der Umweltschutz als Wettbewerbschance, in: Lh, 16(1994)10, S. 67 - 71.

**Göpfert/Wehberg [Öko-Logistik 1995]**

Göpfert, I./Wehberg, G.: Perspektiven der Öko-Logistik, in: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 1995, Düsseldorf 1995, S. 42 - 46.

**Göpfert/Wehberg [Logistik-Marketing 1995]**

Göpfert, I./Wehberg, G.: Ökologieorientiertes Logistik-Marketing. Konzeptionelle und empirische Fundierung ökologieorientierter Angebotsstrategien von Logistik-Dienstleistungsunternehmen, Stuttgart et al. 1995.

**Grochla [Materialwirtschaft 1975]**

Grochla, E.: Materialwirtschaft, in: Grochla, E./Wittmann, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4., völlig neu gest. Aufl., Bd. 2, Stuttgart 1975, Sp. 2627 - 2645.

**Grochla [Grundlagen 1978]**

Grochla, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft. Das materialwirtschaftliche Optimum im Betrieb, 3., gründl. durchges. Aufl., Wiesbaden 1978.

**Großmann [Transportverpackungen 1994]**

Großmann, G.: Logistische Wirkungen auf Transportverpackungen, in: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 1994, Düsseldorf 1994, S. 176 - 179.

**Gutenberg [Grundlagen 1983]**

Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. I: Die Produktion, 24. Aufl., Berlin et al. 1983.

**Hieber [Ökologistik 1993]**

Hieber, M.: Ökologistik, Unterlagen zu dem Vortrag auf dem 2. Umweltsymposium der Süddeutschen Zeitung „Aufbruch in die Kreislaufwirtschaft“, München 30. November 1993.

**Hieber [Eco-Logistic-Systems 1994]**

Hieber, M.: Eco-Logistic-Systems to Distribute and Take Back Products for Recycling Purposes, Unterlagen zu dem Referat anlässlich der 1. Ecomove Conference „Land-use — Lifestyle — Transport“, Kassel 25.-27. May 1994.

**Hopfenbeck [Management 1990]**

Hopfenbeck, W.: Umweltorientiertes Management und Marketing. Konzepte — Instrumente — Praxisbeispiele, Landsberg/Lech 1990.

**Hopfenbeck [Managementlehre 1991]**

Hopfenbeck, W.: Allgemeine Betriebswirtschafts- und Managementlehre, 3. Aufl., Landsberg/Lech 1991.

**Horneber [Entsorgungsmanagement 1995]**

Horneber, M.: Innovatives Entsorgungsmanagement. Methoden und Instrumente zur Vermeidung und Bewältigung von Umweltbelastungsproblemen, Göttingen 1995.

**Isermann/Houtman [Entsorgungslogistik 1994]**

Isermann, H./Houtman, J.: Entsorgungslogistik in Industrieunternehmen, in: Isermann, H. (Hrsg.): Logistik. Beschaffung Produktion Distribution, Landsberg/Lech 1994, S. 227 - 245.

**Jahnke [Recycling 1986]**

Jahnke, B.: Betriebliches Recycling. Produktionswirtschaftliche Probleme und betriebswirtschaftliche Konsequenzen, Wiesbaden 1986.

**Jakobi [Systematik 1985]**

Jakobi, H. W.: Systematik der Reststoff-Behandlung, in: Müll und Abfall, 17(1985)2, S. 43 - 48.

**Jünemann [Entsorgungslogistik 1991 f.]**

Jünemann, R. (Hrsg.): Entsorgungslogistik, 3 Bde., Berlin 1991 f.

**Jünemann et al. [Entsorgungslogistik 1994]**

Jünemann, R./Rinschede, A./Hansen, U.: Kreislaufwirtschaft, in: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 1994, Düsseldorf 1994, S. 14 - 17.

**Kaiser/Maier [Leistungen 1991]**

Kaiser, K./Maier, B.: Umdenken bei Lieferungen und Leistungen. Umweltschutz und Materialmanagement, in: Ba (1991)5, S. 45 - 48.

**Kaiser/Maier [Materialwirtschaft 1991]**

Kaiser, K./Maier, B.: Umweltschutz-Modul Materialwirtschaft, in: Adams, H. W./Eidam, G. (Hrsg.): Die Organisation des betrieblichen Umweltschutzes, Frankfurt a. M. 1991, S. 226 - 242.

**Kaiser/Maier [Umweltschutz 1991]**

Kaiser, K./Maier, B.: Materialwirtschaft — ein Baustein des Umweltschutzes. Wege zu einem ökologischen Kreislaufdenken, in: BddW, 19.02.1991, S. 7.

**Kaluza [Wettbewerbsstrategien 1990]**

Kaluza, B.: Wettbewerbsstrategien und sozio-ökonomischer Wandel, in: Czap, H. (Hrsg.): Unternehmensstrategien im sozio-ökonomischen Wandel. Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik am 3. und 4. November 1989 in Trier, Berlin 1990, S. 57 - 73.

**Kaluza/Klenter [Zeit 1993]**

Kaluza, B./Klenter, G.: Zeit als strategischer Erfolgsfaktor von Industrieunternehmen, Teil 2: Erfolgskritische Komponenten des strategischen Erfolgsfaktors Zeit, Diskussionsbeitrag Nr. 176 des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Universität-Gesamthochschule-Duisburg, Duisburg 1993.

**Kaluza/Pasckert [Kreislaufwirtschaft 1997]**

Kaluza, B./Pasckert, A.: Kreislaufwirtschaftsgesetz und umweltorientiertes Technologiemanagement, in: Kaluza, B. (Hrsg.): Unternehmung und Umwelt, 2., überarb. Aufl., Hamburg 1997, S. 105 - 144.

**Katalyse [Müllvermeidung 1991]**

Katalyse e.V. - Institut für angewandte Umweltforschung (Hrsg.): Kommt gar nicht in die Tüte. Lebensmittelverpackung und Müllvermeidung, Köln 1991.

**Keck [Chancen 1993]**

Keck, R.: Chancen von MWS - aus industrieller Sicht. Was macht Mehrwegtransportverpackungen interessant für Nutzer und Anwender? Unterlagen zu dem Referat anlässlich der Konferenz „Mehrweg-Transport-Verpackungssysteme“ der Institute for International Research (I.I.R.) GmbH & Co., 30. November 1993, Queens Hotel, Frankfurt 1993.

**Kempkens/Schnurpfeil [Logisch verknüpft 1993]**

Kempkens, W./Schnurpfeil, M.: Logisch verknüpft. Nur mit intelligenter Logistik können deutsche Unternehmen im internationalen Wettbewerb mithalten, in: WiWo, 47(1993)50, S. 68 - 72.

**Kleinaltenkamp [Recycling-Strategien 1985]**

Kleinaltenkamp, M.: Recycling-Strategien. Wege zur wirtschaftlichen Verwertung von Rückständen aus absatz- und beschaffungswirtschaftlicher Sicht, Berlin 1985.

**Klößner [Verpackung 1992]**

Klößner, H.: Verpackung — Fluch oder Segen? Verpackungswirtschaft der BRD 1950 - 2000, Gladenbach 1992.

**Kreikebaum [Produktion 1992]**

Kreikebaum, H.: Umweltgerechte Produktion. Integrierter Umweltschutz als Aufgabe der Unternehmensführung im Industriebetrieb, Wiesbaden 1992.

**Lammers [Masse 1992]**

Lammers, W.: Klasse statt Masse, in: p&t, (1992)11, S. 28 - 30.

**Lange [Kalkulation 1992]**

Lange, V.: Kalkulation auf neuer Basis, in: PackReport, (1992)5, S. 64 - 67.

**Lange [Mehrwegmarkt 1993]**

Lange, V.: Transparenz auf dem Mehrwegmarkt, in: Eurocargo, (1993)3, S. 19 - 23.

**Lange [Umfeld 1994]**

Lange, V.: Mehrweg-Systeme im logistischen Umfeld, in: LiU, 8(1994)3, S. 84 - 87.

**Lützebauer [Leistungsspektrum 1992]**

Lützebauer, M.: Unterschiedliches Leistungsspektrum, in: PackReport, (1992)11, S. 71 - 75.

**Lützebauer [Mehrwegsysteme 1993]**

Lützebauer, M.: Mehrwegsysteme für Transportverpackungen. Marktreport, Dortmund 1993.

**Lützebauer [Mehrwegverpackungslösungen 1993]**

Lützebauer, M.: „Interpack 93“ mit vielen logistikgerechten Mehrwegverpackungslösungen, in: LiU, 7(1993)7/8, S. 72 - 75.

**Meffert [Produktlebenszyklus 1974]**

Meffert, H.: Interpretation und Aussagekraft des Produktlebenszyklus-Konzeptes, in: Hammann, P./Kroeber-Riel, W./Meyer, C. W. (Hrsg.): Neuere Ansätze in der Marketingtheorie, Berlin 1974, S. 85 - 134.

**Meffert/Kirchgeorg [Umweltmanagement 1998]**

Meffert, H./Kirchgeorg, M.: Marktorientiertes Umweltmanagement. Konzeption — Strategie — Implementierung mit Praxisfällen, 3., überarb. und erw. Aufl., Stuttgart 1998.

**Nolte [TIRIS 1994]**

Nolte, H.: TIRIS — Ein elektronisches Identifikationssystem für Mehrwegbehälter, Unterlagen zu dem Referat bei dem VDI-Seminar 452201 „Mehrwegtransport-Verpackungen. Erfolgreiche Integration in den Materialfluß“, Düsseldorf 28. - 29. November 1994, VDI-Bildungswerk, Düsseldorf 1994.

**o. V. [Mehrweg 1991]**

o. V.: INA setzt auf RESY und Mehrweg, in: Eurocargo, (1991)6, S. 6 - 7.

**o. V. [Mehrweg 1992]**

o. V.: Mehrweg mit System. Marktübersicht Mehrweg-Transport-Verpackungssysteme, in: Lh, 14(1992)12, S. 19 - 23.

**o. V. [Mehrweg-Box 1992]**

o. V.: Mehrweg-Box und Innenverpackung, in: Distribution, (1992)7/8, S. 30.

**o. V. [Abfallvermeidung 1995]**

o. V.: Abfallvermeidung beginnt beim Einkauf. Betriebliches Abfallmanagement, in: Ba, (1995)5, S. 36 - 37.

**o. V. [Leiterplatten 1995]**

o.V.: Roboter entstückt Leiterplatten, in: BddW, 28.07.1995, S. 8.

**o. V. [Lieferanten 1995]**

o. V.: Die Lieferanten einbinden. Beispiel: Umweltorientiertes Einkaufsmanagement, in: Ba, (1995)5, S. 32 - 33.

**Pfeiffer et al. [Technologie-Portfolio-Management 1986]**

Pfeiffer, W./Schneider, W./Dögl, R.: Technologie-Portfolio-Management, in: Staudt, E. (Hrsg.): Das Management von Innovationen, Frankfurt 1986, S. 107 - 124.

**Pfeiffer et al. [Technologie-Portfolio 1991]**

Pfeiffer, W./Metze, G./Schneider, W./Amler, R.: Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder, 6., durchges. Aufl., Göttingen - Zürich 1991.

**Pfohl [Marketing-Logistik 1972]**

Pfohl, H.-Ch.: Marketing-Logistik. Gestaltung, Steuerung und Kontrolle des Warenflusses im modernen Markt, Mainz 1972.

**Pfohl [Logistiksysteme 1996]**

Pfohl, H.-Ch.: Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 5., neubearb. u. erw. Aufl., Berlin et al. 1996.

**Rank Xerox GmbH [Umwelt 1994]**

Rank Xerox GmbH (Hrsg.): Was wir für unsere Umwelt tun., Düsseldorf 1994.

**Rank Xerox GmbH [Umweltschutzbericht 1995]**

Rank Xerox GmbH (Hrsg.): Umweltschutzbericht, Düsseldorf 1995.

**Rinschede [Entsorgungslogistik 1992]**

Rinschede, A.: Querschnittsfunktion: Entsorgungslogistik, in: Jünemann, R. (Hrsg.): Umwelt, Logistik und Verkehr. Wohin geht die Reise?, Dortmund 1992, S. 71 - 83.

**Rummler/Schutt [Verpackungsverordnung 1991]**

Rummler, T./Schutt, W.: Verpackungsverordnung. Praxishandbuch mit Kommentar, Hamburg 1991.

**Runge [Verpackungsprobleme 1992]**

Runge, M.: Verpackungsprobleme wirtschaftlich lösen, in: Eurocargo, (1992)4, S. 34 - 38.

**Schmid [Wertschöpfung 1996]**

Schmid, U.: Ökologiegerichtete Wertschöpfung in Industrieunternehmen. Industrielle Produktion im Spannungsfeld zwischen Markterfolg und Naturbewahrung, Frankfurt et al. 1996.

**Schmidt-Bleek [MIPS 1993]**

Schmidt-Bleek, F.: Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS — Das Maß für ökologisches Wirtschaften, Berlin et al. 1993.

**Schulte [Logistik 1991]**

Schulte, Chr.: Logistik. Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, München 1991.

**Schulte [Logistik 1995]**

Schulte, Chr.: Logistik. Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 2., überarb. und erw. Aufl., München 1995.

**Sieghardt [Entscheidungskriterien 1978]**

Sieghardt, D.: Entscheidungskriterien für die Auswahl von Transport-Mehrweg-Verpackungen, in: Rationalisierungsgemeinschaft Verpackung (RGV; Hrsg.): RGV-Handbuch Verpackung, Berlin 1978, o.S.

**Siemens [Identsysteme MOBY o.J.]**

Siemens (Hrsg.): Identsysteme MOBY-I, Damit Produktion und Logistik wirklich rollen, Nürnberg o.J.

**Siemens [Identifikationssysteme 1994]**

Siemens (Hrsg.): Identifikationssysteme. Identsystem MOBY-I, Übersicht, Ausgabe 04/94, Nürnberg 1994.

**Souren [Reduktion 1996]**

Souren, R.: Theorie betrieblicher Reduktion. Grundlagen, Modellierung und Optimierungsansätze stofflicher Entsorgungsprozesse, Heidelberg 1996.

**SRU [Umweltgutachten 1978]**

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1978, Stuttgart - Mainz 1978.

**Stache [Engineering 1991]**

Stache, U.: Closed-Loop Engineering — ein neuer Ansatz beim Computerschrottreycling, in: Fraunhofer Institut für Materialwirtschaft und Logistik (Hrsg.): Tätigkeitsbericht 1991, Dortmund 1991, S. 115 - 117.

**Stahlmann [Materialwirtschaft 1988]**

Stahlmann, V.: Umwelterorientierte Materialwirtschaft. Das Optimierungskonzept für Ressourcen, Recycling, Rendite, Wiesbaden 1988.

**Stahlmann [Materialwirtschaft 1989]**

Stahlmann, V.: Öko-Controlling in einer integrierten Materialwirtschaft, in: IÖW GmbH/future e.V.: Future-Forum 1988 — Von der Öko-Bilanz zum Öko-Controlling. Chancen einer umweltorientierten Unternehmenspolitik, 1989, S. 101 - 112.

**Stahlmann [Materialwirtschaft 1991]**

Stahlmann, V.: Ergebnisse des Fragebogens „Materialwirtschaft“, in: Umweltbundesamt (Hrsg.): Umwelterorientierte Unternehmensführung. Möglichkeiten zur Kostensenkung und Erlössteigerung — Modellvorhaben und Kongreß —, Berlin 1991, S. 359 - 421.

**Stahlmann [Wachstum 1991]**

Stahlmann, V.: Materialwirtschaft angesichts der Grenzen des Wachstums, in: econova, 1(1991)1, S. 15 - 21.

**Steinhilper [Produktrecycling 1988]**

Steinhilper, R.: Produktrecycling im Maschinenbau, Berlin et al. 1988.

**Stölzle [Entsorgungslogistik 1993]**

Stölzle, W.: Umweltschutz und Entsorgungslogistik — Theoretische Grundlagen mit ersten empirischen Ergebnissen zur innerbetrieblichen Entsorgungslogistik —, Berlin 1993.

**Stölzle [Organisation 1993]**

Stölzle, W.: Organisation der Entsorgungslogistik, in: Verein Deutscher Ingenieure — VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluß Logistik (Hrsg.): Entsorgungslogistik in Fertigungsbetrieben. Wege zur Kreislauf-Wirtschaft, VDI Bericht 1086, Düsseldorf 1993, S. 25 - 43.

**Strebel [Umweltschutz 1991]**

Strebel, H.: Integrierter Umweltschutz — Merkmale, Voraussetzungen, Chancen, in: Kreikebaum, H. (Hrsg.): Integrierter Umweltschutz, 2. Aufl., Wiesbaden 1991, S. 3 - 16.

**Strümpel/Longolius [Umweltschutz 1991]**

Strümpel, B./Longolius, S.: Leitbilder des integrierten Umweltschutzes zwischen Handlungsprogramm und Leerformel, in: Kreikebaum, H. (Hrsg.): Integrierter Umweltschutz, 2. Aufl., Wiesbaden 1991, S. 73 - 86.

**Tettinger [Umwelt 1995]**

Tettinger, F.: 5. Juni 1995 — Tag der Umwelt. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz — erhebliche Auswirkungen auf die gesamte Wirtschaft, in: Wirtschaft und Kammer, 49(1995)5, S. 34 - 36.

**Texas Instruments [Anwendungsprofil o.J.]**

Texas Instruments (Hrsg.): Anwendungsprofil: Abfallentsorgung. Automatische Identifikation von Müllbehältern, o.O. o.J.

**Texas Instruments [Abfallentsorgung o.J.]**

Texas Instruments (Hrsg.): Anwendungsprofil: Abfallentsorgung. Automatische Identifikation von Müllbehältern, o.O. o.J.

**Texas Instruments [Hochfrequenz-Identifikationssystem 1992]**

Texas Instruments (Hrsg.): Automatisches Hochfrequenz-Identifikationssystem, o.O. 1992.

**Texas Instruments [TIRIS 1994]**

Texas Instruments (Hrsg.): Texas Instruments Registrierungs- und Identifikations-System. TIRIS, Überblick über Technologie, Produkte und Anwendung, 2. Aufl., o.O. 1994.

**VDI [Recyclinggerecht 1991]**

Verein Deutscher Ingenieure - VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2243 Entwurf: Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte, Düsseldorf 1991.

**Warnecke/Steinilper [Abfallvermeidung 1984]**

Warnecke, H.-J./Steinilper, R.: Abfallvermeidung durch Wiederaufarbeitung industriell gefertigter Produkte in der Bundesrepublik Deutschland und in den USA, in: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Recycling International. Haushaltsabfall, Klärschlamm, Sonderabfall, Kunststoff, Ernährungs- und Getränkeindustrie, Verpackung, Bauwesen, Berlin 1984, S. 1204 - 1210.

**Wildemann [Behältersysteme 1993]**

Wildemann, H.: Behältersysteme. Optimierung des Behälterkreislaufes zwischen Zulieferanten und Industrieunternehmen, Forschungsbericht, München 1993.

**Wildemann [Behälter 1994]**

Wildemann, H.: Behälter optimiert im Materialfluß, in: Lh, 16(1994)4, S. 28 - 30.