

Hrsg.: Prof. Dr. A.-W. Scheer

**Veröffentlichungen des
Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi),
Universität des Saarlandes**

Im Stadtwald, Gebäude 14.1, D - 66123 Saarbrücken,
phone: (+49) 681-302-3106, fax: (+49) 681-302-3696,
email: iwi@iwi.uni-sb.de

Heft 93

M. Nüttgens, A.-W. Scheer, M. Schwab

Integrierte Entsorgungssicherung
als Bestandteil
des betrieblichen Informationsmanagements

August 1992

Markus Nüttgens, August-Wilhelm Scheer*

Integrierte Entsorgungssicherung als Bestandteil des Informationsmanagements in Industriebetrieben**

Summary:

The ensuring of integrated waste management and the idea of an environment oriented production will increasingly determine future production and logistic strategies.

Control mechanisms that lean on the cause principal lead to the situation that companies are confronted to economical, technological and legal conditions without being provided with adequate concepts. Up to now, enterprises had to manage the shown changes with less support, and no basic developments can be expected in near future. Moreover, the fact of missing concepts is reflected by the tendency to discuss waste management primarily on the technical aspects.

This article is focused on the aspect that the concept of integrated waste management is based on the availability of well structured information models and has to be implemented in an enterprise-wide information system.

* Dipl.-Kfm. Markus Nüttgens, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wirtschaftsinformatik (IW i) an der Universität des Saarlandes.

Prof. Dr. August-Wilhelm Scheer, Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IW i) an der Universität des Saarlandes und Honorarprofessor der Universität Wien

** Dieser Beitrag beschreibt Ergebnisse eines von der Volkswagen-Stiftung Hannover geförderten Forschungsprojektes im Rahmen des Förderschwerpunktes "Umwelt als knappes Gut".

Inhaltsverzeichnis

1.	Problemstellung	1
2.	Informationsmanagement und Entsorgungssicherung	3
2.1.	Entsorgungsplanung	4
2.2.	Entsorgungssteuerung	5
2.3.	Entsorgungskontrolle	5
3.	Entsorgungssicherung als CIM-Komponente	6
3.1.	Primär betriebswirtschaftliche Interdependenzen	8
3.1.1.	Kundenauftragssteuerung (Vertrieb)	8
3.1.2.	Kalkulation	8
3.1.3.	Primärbedarfsplanung	9
3.1.4.	Materialwirtschaft	9
3.1.5.	Kapazitätsterminierung	10
3.1.6.	Kapazitätsabgleich	10
3.1.7.	Auftragsfreigabe	11
3.1.8.	Fertigungssteuerung	11
3.1.9.	Betriebsdatenerfassung	11
3.1.10.	Kontrolle der Mengen, Zeiten und Kosten	12
3.1.11.	Versandsteuerung	12
3.2.	Primär technische Interdependenzen	13
3.2.1.	Produktentwurf	13
3.2.2.	Konstruktion	13
3.2.3.	Arbeits- und Fertigungsplanung	14
3.2.4.	NC-, Roboter-Programmierung	14
3.2.5.	Transportsteuerung	15
3.2.6.	Lagersteuerung	15
3.2.7.	Montagesteuerung	15
3.2.8.	Instandhaltung	16
3.2.9.	Qualitätssicherung	16
4.	Ausblick	17
5.	Literaturangaben	18

1. Problemstellung

Die Gewährleistung einer integrierten Entsorgungssicherung und der damit verbundene Gedanke einer umweltverträglichen Produktion wird in den nächsten Jahren die Unternehmensstrategien prägen. Neben eine bislang primär volkswirtschaftlich orientierte Sichtweise der Steuerung und Bewältigung von Entsorgungsleistungen treten zunehmend verursachungsgerechte Steuerungsmechanismen und zwingen die Unternehmen, sich intensiv mit dem Gedanken entsorgungsgerechter Produktions- und Logistikkonzepte auseinanderzusetzen.

Der Wandel der technologischen, ökonomischen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen erfordert eine ganzheitliche Betrachtung der Produktions- und Geschäftsprozesse eines Unternehmens. Im Sinne eines "Total Waste Management" (TWM) ist die integrierte Entsorgungssicherung als eine Querschnittsfunktion zu verstehen, die sämtliche Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung, Verwertung und Beseitigung von Produktionsabfällen als auch zur Rückgewinnung von Ressourcen umfaßt und sich auf das gesamte Unternehmen und seine Märkte bezieht. Sie betont die frühen Phasen der Produktionsplanung und des Produktentwurfes im Vorfeld des eigentlichen Fertigungsprozesses.

Obwohl Produktions- und Entsorgungsprozeß eng miteinander verwoben sind und vielfältige Beziehungen zwischen den betroffenen Funktionsbereichen eines Unternehmens bestehen, werden in Forschung und Praxis bislang nur Einzelaspekte dieser Thematik behandelt; dem Aspekt einer ganzheitlichen Betrachtung von Produktions- und Entsorgungsprozessen wird nur unzureichend Rechnung getragen. Aspekte welche die Bewältigung der Entsorgungsleistungen betreffen, werden fast ausschließlich auf der Ebene hochaggrierter Einheiten bis hin zu ganzen Volkswirtschaften diskutiert^{1 2}. Dies führt auch zu dem Umstand, daß in der Standardliteratur zu betriebswirtschaftlichen und technischen Fragestellungen der industriellen Produktion der Entsorgungsaspekt fast gänzlich ausgespart wird.

¹ Einen Einblick in das Spektrum dieser Forschungsarbeiten vermittelt Jaeschke, A.; Geiger, W.; Page, B. (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz, Proceedings zum 4. Symposium in Karlsruhe vom 6.-8. November 1989, Berlin-Heidelberg-New York u. a. 1989. Page, B. (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz, München-Wien 1986.

² Dies betrifft auch den Zugriff auf Umweltdatenbanken wie ULIDAT (Hersteller: Umweltbundesamt Berlin, Anbieter: FIZ Technik/STN) oder ENVIROLINE (Hersteller: Bowker Electronic Publishing, New York; Anbieter: DIMDI, ESA, DIALOG), POLLUTION ABSTRACTS (Hersteller: Cambridge Scientific Abstracts, Bethesda, Maryland) und UFORDAT (Hersteller: Umweltbundesamt Berlin; Anbieter: FIZ Technik/STN).

Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen mit der Zielsetzung einer in die betrieblichen Abläufe integrierten Entsorgungssicherung sind heute erst in Ansätzen erkennbar³.

Diese Situation hat zur Folge, daß sich Industrieunternehmen bezüglich ihrer Entsorgungspolitik zunehmend mit Fragestellungen konfrontiert sehen, ohne daß adäquate Konzepte zur Bewältigung der anstehenden Probleme von der Forschung bereitgestellt werden; sie müssen die aufgezeigten Veränderungen ohne wissenschaftliche Begleitung und Unterstützung vollziehen. So ist es auch nicht verwunderlich, daß eine Vielzahl an Unternehmen quasi im "Entsorgungsblindflug" produzieren und erst im zweiten Schritt die relevanten Entsorgungsprozesse planen und durchführen.

Fehlende Konzepte zur Bewältigung der anstehenden Probleme spiegeln sich auch in der Tendenz wider, Entsorgungskonzepte primär unter technischen Gesichtspunkten zu diskutieren, obwohl die damit verbundenen Gestaltungsaspekte für die Unternehmen durchweg ein hohes Maß an betriebswirtschaftlichem Gehalt aufweisen.

Die Planung und Realisierung einer integrierten Entsorgungssicherung erfordert von den Unternehmen den Aufbau einer Informationsbasis, welche die relevanten Daten, die notwendigen Lösungswege und eine adäquate Organisationsstruktur beschreibt. Das Konzept der integrierten Entsorgungssicherung läßt sich nur bewältigen, wenn es als Teil des Informationsmanagements einer Unternehmung verstanden und in adäquater Weise in betriebswirtschaftlichen Informationssystemen abgebildet wird. Am Ende eines solchen Weges steht das Ziel, den Anwendungsbereich der Entsorgungssicherung in das Informationssystem einer Unternehmung zu integrieren.

³ Erste Ansätze werden z. B. aufgezeigt in: Wicke, L.; Haasis, H.-D.; Schafhausen, F.; Schulz, W.: Betriebliche Umweltökonomie, München 1990. Hunscheid, J.: PSI-Studie - Informationstechnik im Umweltschutz, Velbert 1988. Jahnke, B.: Betriebliches Recycling - Produktionswirtschaftliche Probleme und betriebswirtschaftliche Konsequenzen, Wiesbaden 1986. Kreikebaum, H. (Hrsg.): Integrierter Umweltschutz - Eine Herausforderung an das Innovationsmanagement, Wiesbaden 1990. Kloock, J.: Umweltkostenrechnung, in Scheer, A.-W. (Hrsg): Rechnungswesen und EDV, 11. Saarbrücker Arbeitstagung, Heidelberg 1990, S. 129 - 156.

2. Informationsmanagement und Entsorgungssicherung

Das Anwendungskonzept CIM (Computer Integrated Manufacturing) beschreibt einen Ansatz, welcher eine Integration der betriebswirtschaftlichen und technischen Funktionen eines Industriebetriebes zum Ziel hat. Im Rahmen einer integrierten Entsorgungssicherung bezieht sich diese enge Verflechtung u. a. auf betriebliche Funktionen wie Entwicklung/Konstruktion, Produktionsplanung, Beschaffung, Fertigung, Qualitätssicherung, Vertrieb/Marketing und Kostenrechnung. Desweiteren bestehen Tendenzen, auch zwischenbetriebliche Verflechtungen zu berücksichtigen, welche im Rahmen von Zuliefer-Verhältnissen an Bedeutung gewinnen.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ergibt sich die Notwendigkeit, neben einer kosten-, mengen-, qualitäts- und termingerechten Bereitstellung von gewünschten Endprodukten eine effiziente Beherrschung der mit der Produktion verbundenen Entsorgungsproblematik zu gewährleisten. Bei einer entsprechenden Ausgestaltung des Produktkreislaufes zwischen Unternehmen und Markt umfaßt dies neben der Entsorgung unmittelbar anfallender Nebenleistungen auch die Entsorgung der Endprodukte, welche nach der Nutzungszeit zum Produzenten rückgeführt werden.

Erste Ansätze zur Ausgestaltung solcher Produktkreisläufe leiten sich aus den rechtlichen Grundlagen ab. Als generelle Grundlage dient hier das Bundesabfallgesetz⁴ vom 23.09.90 mit seiner Kernaussage:

Vermeidung
vor **Verminderung**
vor **Verwertung**
vor **Beseitigung**

Spezifiziert und erweitert wird das Bundesabfallgesetz durch besondere Verordnungen. Beispielhaft sei an dieser Stelle der Verordnungsentwurf einer Rücknahmeverpflichtung für Automobilhersteller angeführt.

Er umfasst die Forderungen:

⁴ vgl. Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (AbfG) vom 27.08.86 (BGBl I S. 1410, 1501) in seiner Fassung vom 23.09.90 (BGBl II S. 885).
Zur Veränderung der ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen vgl. auch die Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 18. März 1991 zur Änderung der Richtlinie 75/442/EWG über Abfälle (91/156/EWG), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 78/32.

- Kfz-Hersteller und Handel oder von diesen beauftragte Dritte nehmen Altkraftfahrzeuge vom Letzthalter zurück,
- Rücknahme ist für den Ablieferer kostenfrei,
- Zurückgenommene Fahrzeuge werden, soweit dies technisch möglich ist, stofflich verwertet,
- Industrie und Handel schaffen die erforderlichen Anlagen zur Demontage der Altautos und zur Beseitigung der nicht verwertbaren Abfälle,
- Kraftfahrzeughersteller berücksichtigen bereits bei der Neuentwicklung und Produktion die sich aus der späteren Demontage und Entsorgung ergebenden Anforderungen an die Fahrzeuge.

Es ist naheliegend, daß derartige Rücknahmeverpflichtungen auf weitere Branchen und Unternehmenstypen übertragen werden.

Nachfolgend wird das Aufgabenspektrum des Informationsmanagements nach den Gesichtspunkten

- **Entsorgungsplanung**
- **Entsorgungssteuerung**
- **Entsorgungskontrolle**

grob analysiert.

2.1. Entsorgungsplanung

Die Entsorgungsplanung bezieht sich gleichermaßen auf die primär betriebswirtschaftlich planenden als auch die primär technisch planenden Funktionen. Der Entsorgungsplanung können folgende Aufgaben zugeordnet werden:

- Kalkulation der Entsorgungskosten,
- Entsorgungsgerechte Materialdisposition,
- Entsorgungsbezogene Kapazitätsterminierung,
- Entsorgungsgerechter Produktentwurf,
- Entsorgungsgerechte Konstruktion,
- Entsorgungsgerechte Arbeits- und Fertigungsplanung.

Die Vorgaben der Entsorgungsplanung werden in der Entsorgungssteuerung bezüglich der Fertigungsressourcen spezifiziert.

2.2. Entsorgungssteuerung

Aufgabe der Entsorgungssteuerung ist die Realisierung eines entsorgungsgerechten Produktionsprozesses. Hierzu läßt sich die Entsorgungssteuerung in nachfolgende Aufgaben gliedern:

- Entsorgungsgerechte Fertigungssteuerung,
- Erfassung der Betriebsdaten entsorgungsrelevanter Produktionsabläufe,
- Entsorgungsgerechte Lager- und Transportsteuerung,
- Demontagesteuerung.

Der Entsorgungssteuerung kann sowohl der Aspekt der Fertigung und Montage als auch der Ressourcenrückgewinnung zugrundeliegen.

2.3. Entsorgungskontrolle

Die Entsorgungskontrolle ermöglicht es, die Effizienz der Entsorgungssicherung innerhalb des Produktionsprozesses zu beurteilen und zeitnah korrigierend einzugreifen. Die Aufgaben umfassen:

- Kontrolle entsorgungsrelevanter Mengen, Zeiten und Kosten,
- Qualitätssicherungsmaßnahmen im Rahmen der Wieder- und Weiterverwendung.

Die Entsorgungskontrolle dient neben der Überwachung der operativen Abläufe als Datenlieferant für Auswertungsfunktionen. Diese können auch als Instrumentarium für eine strategische Ausrichtung einer Unternehmung bzgl. ihrer Entsorgungspolitik verstanden werden. Kennzahlen zur Entsorgungssicherung stellen somit auch Führungsinformationen dar.

3. Entsorgungssicherung als CIM-Komponente

Die in den Unternehmen vorherrschenden Organisationsstrukturen lassen sich auf eine hohe Arbeitsteilung und Spezialisierung innerhalb der Funktionsbereiche einer Unternehmung zurückführen. Dies hat zwangsläufig zu einer Konzentration von planenden, durchführenden und kontrollierenden Funktionen in besonderen Abteilungen und damit zu einer Trennung zwischen den indirekt und den direkt produktiven Bereichen geführt. In der Realität bestehen jedoch vielfältige Interdependenzen zwischen den Funktionsbereichen einer Unternehmung. Das Konzept der integrierten Entsorgungssicherung hat zum Ziel, dem engen Bezug zwischen Produktions- und Entsorgungsprozeß Rechnung zu tragen und die Entsorgungssicherung als eine in die betrieblichen Abläufe eines Unternehmens integrierte Querschnittsfunktion zu verstehen. Als Aufgaben einer integrierten Entsorgungssicherung ergeben sich folglich neben einer Steuerung des physischen Materialflusses an entsorgungsrelevanten Gütern vielmehr Aktivitäten, welche nur in enger Zusammenarbeit mit den betriebswirtschaftlichen und technischen Funktionsbereichen einer Unternehmung zu realisieren sind und bereits im Vorfeld des eigentlichen Fertigungsprozesses ansetzen.

Nachfolgend werden die Interdependenzen des Funktionsbereiches Entsorgungssicherung mit den primär betriebswirtschaftlichen und den primär technisch orientierten Funktionen eines Industriebetriebes aufgezeigt und auf der Grundlage des Y-CIM-Modell⁵ analysiert. Die mehr betriebswirtschaftlichen Aufgaben sind dem Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (PPS) zugeordnet, welches durch die Auftragsabwicklung getrieben wird. Die mehr technisch orientierten Aufgaben werden durch die diversen CA-Begriffe charakterisiert, welche die Produktbeschreibung und die Fertigungsressourcen unterstützen. Neben den produktionsnahen Funktionen können auch die Beziehungen zu den betriebswirtschaftlich administrativen Aufgaben der Finanzbuchhaltung, Kostenrechnung und Personalwirtschaft berücksichtigt werden. Damit soll die Einbindung der Entsorgungssicherung in ein unternehmensweites Informationssystem eines Industriebetriebes aufgezeigt werden. Desweiteren wird somit dem Aspekt Rechnung getragen, daß sich die Entsorgungssicherung in wachsendem Maße zu einem Betrachtungsgegenstand der Kostenrechnung entwickelt und bereits heute in einigen Branchen Kostanteile verursacht, welche sich unmittelbar auf die Wettbewerbsfähigkeit und Ertragslage der Unternehmen auswirken. Die Kostenrechnung muß folglich ein

⁵ Zur ausführlichen Darstellung des CIM-Y-Modells vgl. Scheer, A.-W.: CIM (Computer Integrated Manufacturing) - Der computergesteuerte Industriebetrieb, 4. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York u. a. 1990.

wertmäßiges Abbild einer integrierten Entsorgungsplanung, -steuerung und -kontrolle gewährleisten.

Die Grundzusammenhänge sind in Abb. 1 im Integrationsmodell zur Entsorgungssicherung dargestellt und werden nachfolgend für die einzelnen Funktionsbereiche detailliert.

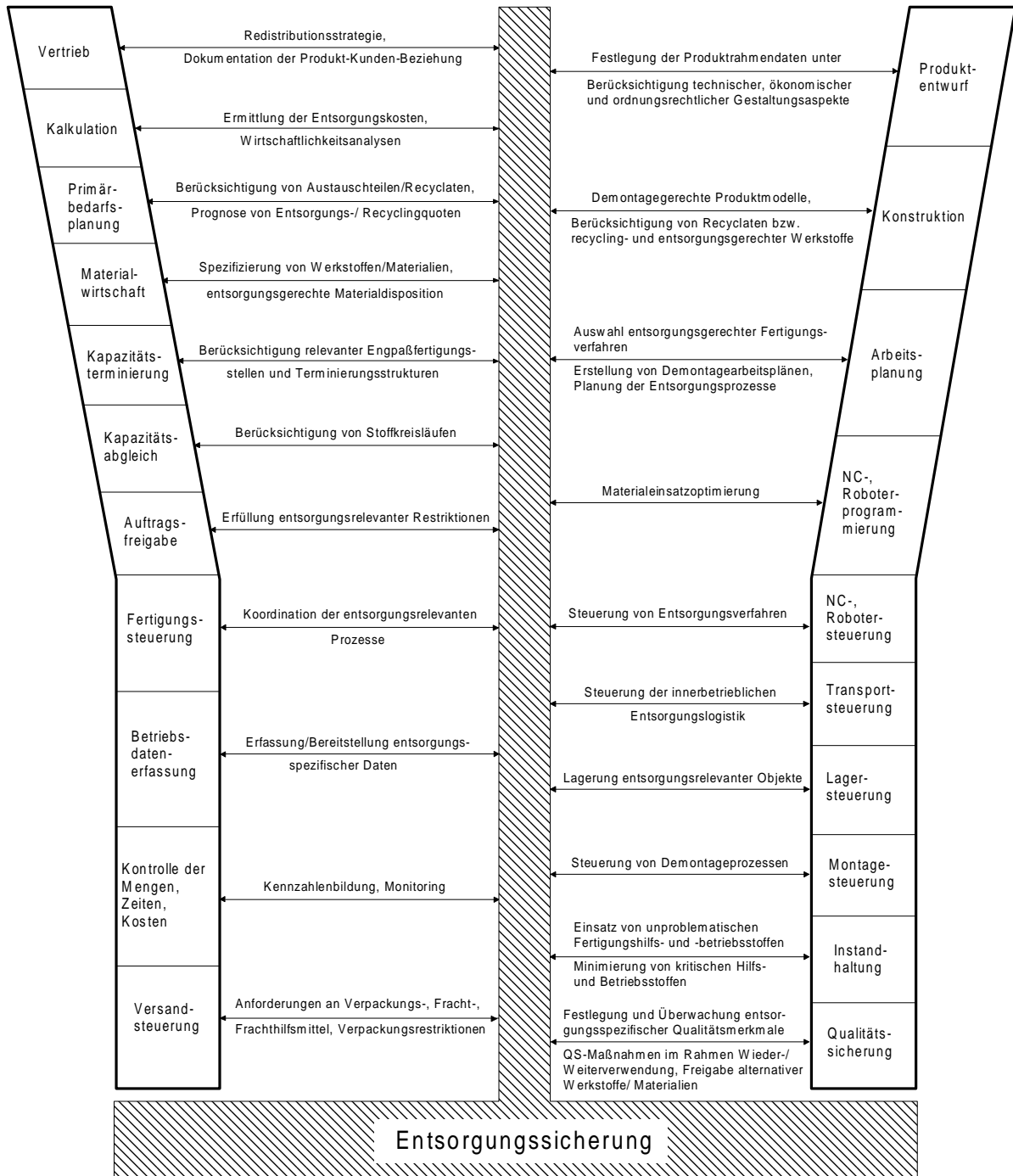


Abb. 1: Integrationsmodell der Entsorgungssicherung

3.1. Primär betriebswirtschaftliche Interdependenzen

3.1.1. Kundenauftragssteuerung (Vertrieb)

Die Kundenauftragssteuerung umfaßt die Aufgaben:

- Anfrage- und Angebotsbearbeitung,
- Auftragsannahme,
- Fakturierung (Rechnungsschreibung),
- Fertigwarenlagerverwaltung.

Die Auftragssteuerung ermittelt somit die Eingangsdaten für die produktionsnahen Funktionen und verbindet den Produktionsbereich mit dem Absatzmarkt eines Unternehmens.

Im Rahmen dieser Funktion werden die von den Marktpartnern spezifizierten Anforderungen an die Entsorgungsfähigkeit eines Produktes erfaßt bzw. die Informationen für Standardprodukte absatz- und zielgruppenorientiert aufbereitet. Die enge Anbindung der Vertriebsfunktion an den strategischen Funktionsbereich Marketing spiegelt sich auch in der Berücksichtigung mittel- und langfristiger Entwicklungstendenzen bzgl. entsorgungsrelevanter Produktkomponenten im Absatzbereich wider. Im Sinne einer Produktrückführung erfolgt in dieser Funktion auch die Erfassung und Dokumentation der Produkt-Kunden Beziehung, welche eine Verfolgung einer Produktrückführung in den Verwertungskreislauf eines Unternehmens zum Ziel hat⁶.

Die Redistribution darf hierbei nicht einzig auf das Produkt nach seiner eigentlichen Nutzung beschränkt bleiben, sondern muß sich über die gesamte Nutzungsphase (z. B. Instandhaltungsmaßnahmen) erstrecken. Dies erfordert eine Modifikation bzw. eine erweiterte Nutzung der Vertriebslogistik. Beispielhaft läßt sich hier die Nutzung der Ersatzteile-Versorgung zur Redistribution von Alt- und Austauschteilen anführen.

3.1.2. Kalkulation

Die Kalkulation umfaßt die Aufgaben einer auftragsabhängigen und -unabhängigen Produkt-Vorkalkulation. Hierbei werden in zunehmendem Detaillierungsgrad begleitend zum Planungsprozeß die relevanten Informationen ausgewertet.

⁶ vgl. Corsten, H.; Reiss, M.: Recycling in PPS-Systemen, in DBW 51(1991)5, S. 615-627.

Die Kalkulation muß sowohl die Entsorgungskosten im Verlaufe des Fertigungsprozesses als auch die im Falle einer Produktrückführung anfallenden Kosten für eine Verwertung oder Endlagerung einbeziehen.

3.1.3. Primärbedarfsplanung

Die Primärbedarfsplanung umfaßt die Aufgaben:

- Ermittlung des Bedarfs an verkaufsfähigen Produkten (Endprodukten, Ersatzteilen),
- grobe Überprüfung auf kapazitäts- und materialmäßige Realisierbarkeit.

Die in der Primärbedarfsplanung ermittelten Eckdaten stellen nicht nur für die Materialwirtschaft und den Fertigungsbereich die Eckdaten für eine mittel- und kurzfristige Planung zur Verfügung, sondern ermöglichen auch schon im Bereich der Entsorgungsplanung eine Abschätzung der relevanten Entsorgungsprozesse. Anhand der geplanten Produktionsmengen lassen sich insbesondere bei Standardprodukten die zu erwartenden Abfallmengen des Fertigungsprozesses ermitteln und die notwendigen Maßnahmen zur Entsorgungssteuerung vorbereiten. Im Falle kundenanonymer Produktion kann somit aus der Zusammensetzung des Primärbedarfs bereits eine detaillierte Beurteilung der mengenmäßigen Entsorgungsprozesse erfolgen. Dies ermöglicht die Prognose von Recycling- und Entsorgungsquoten⁷. Wird ein Recycling innerhalb der Produktion betrieben, so sind die hier prognostizierten Mengen an Recyclaten in die Primärbedarfsplanung mit einzubeziehen. Ebenso sind wiederaufgearbeitete Austauschteile zu berücksichtigen. Bei kundenspezifischer Fertigung ist dieser Planungsprozess erst nach erfolgter Bedarfs- und Bestandsrechnung im Rahmen der Materialwirtschaft möglich und bedarf u. a. einer genauen Spezifikation der Produktzusammensetzung und Verwertbarkeit.

3.1.4. Materialwirtschaft

Die Materialwirtschaft umfaßt die Aufgaben:

- Bedarfsrechnung (Bedarfsauflösung, Brutto-Netto-Rechnung, Bildung von Fertigungsaufträgen),

7

$$\text{Recyclingquote} = \frac{\text{Anteil des recycelten Materials}}{\text{Gesamtmaterialverbrauch}}$$
$$\text{Entsorgungsquote} = \frac{\text{Anteil des endzulagernden Materials}}{\text{Gesamtmaterialverbrauch}}$$

Anmerkung: Unter recycelten Materialien werden in diesem Zusammenhang auch zugekaufte Recyclate verstanden.

- Bestandsführung (Lagerverwaltung),
- Beschaffung (Einkauf mit Lieferantenauswahl, Bestellmengenrechnung, Bestellschreibung, Rechnungsprüfung),
- Bedarfsverfolgung.

Der Handlungsspielraum der Materialwirtschaft ergibt sich insbesondere dadurch, daß hier eine Entscheidung über Eigenproduktion oder Fremdbezug gefällt wird. Dies hat auch weitreichende Folgen für den Fall einer Produktrückführung, da je nach Ausgestaltung des Verursacherprinzips Entsorgungsleistungen an einen Zulieferer überantwortet werden können. Die Möglichkeiten der Einbindung des Zulieferers erstrecken sich hierbei von der Schaffung umweltspezifischer Standards über die Erstellung von Ökopflichtenheften bis hin zu umfassenden Rücknahmegarantien⁸.

Schon im Vorfeld der eigentlichen Beschaffung und Lieferantenauswahl hat die Materialwirtschaft, in enger Kooperation mit Produktentwurf, Konstruktion, Qualitätssicherung und Kalkulation, der Auswahl von entsorgungsgerechten Materialien bzw. der Reduktion und Substitution von entsorgungskritischen Einsatzstoffen Sorge zu tragen⁹. So ist sie maßgeblich an der Erweiterung der Identifikations- und Klassifikationsschlüssel als auch der Materialstammdatensätze um entsorgungsrelevante Merkmale und Daten beteiligt¹⁰.

3.1.5. Kapazitätsterminierung

Die Kapazitätsterminierung umfaßt die Aufgaben:

- Fertigungsaufträge in Arbeitsgänge auflösen,
- Start- und Endtermine zuordnen,
- Aufträge auf die Fertigungsressourcen einlasten (Maschinengruppen oder Maschinen, Personal, evtl. Fertigungshilfsmittel).

Hier erfordern geänderte Fertigungsstrukturen und Arbeitsvorgangsfolgen eine Anpassung der Terminierungsstruktur. Insbesondere ist die Möglichkeit neuer Engpaßfertigungsstellen, bedingt durch Maßnahmen zur Entsorgungssicherung, zu berücksichtigen.

⁸ vgl. Stahlmann, V.: Umweltorientierte Materialwirtschaft, Wiesbaden 1988.

⁹ vgl. Haasis, H.-D.: Umweltorientierte Materialwirtschaft, in: Umwelt und Energie - Handbuch für die betriebliche Praxis, Heft 5 v. 4.10.1990, S. 99-139.

¹⁰ vgl. VDI-Richtlinie 2243: Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte, S. 27ff.

3.1.6. Kapazitätsabgleich

Der Kapazitätsabgleich umfaßt die Aufgabe, Engpässen oder Kapazitätsspitzen auszugleichen (Einsatz von Ausweichaggregaten, Überstunden, Sonderschichten oder zeitliche Verschiebung von Aufträgen).

Neben den Kapazitätsschwankungen, deren Ursachen im Logistikbereich liegen, führt die Einlastung von innerhalb der Produktion rückgewonnen Roh- und Werkstoffen, die zeit- und mengenmäßig (z. B. aufgrund von Fehlchargen) stark variieren können, zu Auslastungsschwankungen. Diese gilt es durch Entwicklung entsprechender Strategien und in Interaktion mit Materialwirtschaft, Fertigungssteuerung und Primärbedarfsplanung zu egalisieren.

3.1.7. Auftragsfreigabe

Die Auftragsfreigabe umfaßt die Aufgaben:

- Überführung der Aufträge aus der Planung in die Realisierungsphase,
- Verfügbarkeitsüberprüfung bezüglich der benötigten Ressourcen.

Die Auftragsfreigabe als Schnittstelle zwischen planender und realisierender Ebene überprüft (insbesondere bei kundenspezifischer Fertigung) die Erfüllung aller entscheidungsrelevanten Restriktionen vor Fertigungsbeginn.

3.1.8. Fertigungssteuerung

Die Fertigungssteuerung umfaßt die Aufgabe der Zuordnung der freigegebenen Arbeitsgänge auf die Fertigungsressourcen. Diese Zuordnung erfolgt unter Berücksichtigung von Optimierungskriterien. Im Kontext relevante Kriterien sind hierbei verschnitt- und abfallminimierter Materialeinsatz, Vermeidung von Umrüstungen und des damit verbundenen Mehreinsatzes von Werk-, Betriebs- und Hilfsstoffen .

3.1.9. Betriebsdatenerfassung

Die Betriebsdatenerfassung umfaßt die Aufgaben:

- Erfassung auftragsbezogener Daten,
- Erfassung maschinenbezogener Daten,
- Erfassung materialbezogener Daten,

- Erfassung mitarbeiterbezogener Daten.

Hier bietet sich die Erweiterung der BDE um ein Modul "Erfassung von entsorgungsbezogenen Daten" an.

3.1.10. Kontrolle der Mengen, Zeiten und Kosten

Die Kontrolle der Mengen, Zeiten und Kosten stellt ein Datenanalysesystem dar, welches die im Rahmen der Betriebsdatenerfassung erhobenen Daten an die entsprechenden Funktionalbereiche weiterleitet. Aufgrund gezielter Datenaufbereitung lassen sich für die Entsorgungsplanung und -steuerung wichtige Kennzahlen ableiten.

Mögliche Kennzahlen sind:

- Produktionsrecyclingquote¹¹,
- Produktionsentsorgungsquote¹²,
- Austauschrate¹³.

Für Recyclate, die nicht dem Produktionsprozess entstammen sondern während oder nach der Produktnutzungsphase anfallen, werden eigene Recycling- und Entsorgungsquoten durch Rückgriff auf Daten aus der Materialwirtschaft gebildet. Diese Differenzierung gewährleistet die Beurteilung der Entsorgungssicherung zum einen speziell bzgl. der Eigenfertigung und zum anderen global über alle eingesetzten Teile.

3.1.11. Versandsteuerung

Die Versandsteuerung umfaßt die Aufgaben:

- Zusammenstellung von Tourenplänen,
- Festlegen der Versandart,
- Festlegen der Versandhilfsmittel,
- Festlegen der Verpackungsbetriebsmittel,
- Erstellung von Lieferschein, Ladeliste und Frachtpapieren.

$$11 \quad \text{Produktionsrecyclingquote} = \frac{\text{Anteil der aus dem Produktionsprozess gewonnenen Recyclate}}{\text{Gesamtmaterialverbrauch innerhalb der Produktion}}$$

Anmerkung: Die dem Produktionsprozess entstammenden Recyclate können der Produktion wieder direkt, als auch über Aufarbeitung durch Dritte, zugeführt werden.

$$12 \quad \text{Produktionsentsorgungsquote} = \frac{\text{Anteil der endzulagernden Stoffe aus dem Produktionsprozess}}{\text{Gesamtmaterialverbrauch innerhalb der Produktion}}$$

$$13 \quad \text{Austauschrate} = \frac{\text{Anteil aufgearbeiteter Produkte}}{\text{Gesamtproduktion}}$$

Über die Funktion der Optimierung der Transportlogistik hinaus sind hierbei logistische Strategien in Bezug auf die Produktnutzungs- und Nachnutzungsphase zu entwickeln. Dies betrifft z. B. die Frage der Redistribution von Alt- und Austauschteilen. Desweiteren sind Verpackungen und Versandhilfsmittel den Anforderungen der Entsorgungssicherung anzupassen (z. B. durch Einsatz von Mehrwegsystemen).

3.2. Primär technische Interdependenzen

3.2.1. Produktentwurf

Der Produktentwurf umfaßt die Aufgaben¹⁴:

- Planung,
- Konzeption.

Aufgabe der Planung ist die Informationsbeschaffung aufgrund von Marktanalysen, Trendstudien, Vorentwicklungen und gesetzlichen Grundlagen. Auf der Basis dieser Daten werden die Mindestanforderungen und Hauptmerkmale des Produkts festgelegt. Daher ist es auch sinnvoll an dieser Stelle die entsorgungsspezifischen Anforderungen und Rahmendaten wie Umweltverträglichkeit, Recyclierbarkeit, zu fordernde Recyclingquoten und die Entscheidung über Wieder- bzw. Weiterverwertbarkeit unter Berücksichtigung des Umweltrechtes, Abfallbeseitigungsrechtes und einer Verfügbarkeitsüberprüfung von Entsorgungs- und Recyclingtechnologien festzulegen.

In der Konzeptionsphase, in der die abstrakte Beschreibung des Produktes mit seinen allgemeinen Wirkzusammenhängen erfolgt, gilt es, entsorgungsrelevante Produktfunktionen zu ermitteln und Entscheidungen über Nutzungsdauer und Innovationszyklen, Konzeption als Austausch-, Einweg- oder Mehrwegprodukt und die Einbindung des Produktes in den Entsorgungskreislauf (Festlegung von Aufarbeitungs- und Aufbereitungstrategien) zu treffen.

¹⁴ vgl. VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1: Konstruktionsmethodik - Konzipieren technischer Produkte, S. 4ff.

3.2.2. Konstruktion

Die Konstruktion umfaßt die Aufgaben¹⁵:

- Gestaltung,
- Ausarbeitung.

In der Gestaltungsphase wird das Produkt konkret entworfen wobei aus Sicht der Entsorgungssicherung die VDI-Richtlinie 2243¹⁶ ihre Anwendung findet. Explizit sei die Auswahl wieder- oder weiterverwertbarer Werkstoffe, der Einsatz von Recyclaten, das Entwickeln von Verträglichkeitsmatrizen und die entsprechende Materialauswahl genannt. Desweiteren ist eine demontagegerechte Konstruktion (modularer Aufbau, gute Zugänglichkeit, zerstörungsfreie Demontage, Standardisierung, entsprechende Auswahl der Verbindungselemente) zu realisieren und auf die Auswahl entsorgungsgerechter Betriebs- und Hilfsstoffe zu achten.

Bei der Ausarbeitung, also dem Detaillieren und Festlegen von Einzelheiten, bietet sich die Berücksichtigung von Aufmaßen und Verschleißmarken ebenso an wie die Auswahl ressourcen- und energiesparender Fertigungsverfahren.

3.2.3. Arbeits- und Fertigungsplanung

Die Arbeits- und Fertigungsplanung umfaßt die Aufgaben

- Überprüfung der technischen Realisierbarkeit,
- Auswahl der Fertigungsverfahren,
- Auswahl der Betriebsmittel,
- Erstellen von Arbeitsplänen.

Die Interdependenzen von Produktentwurf, Konstruktion und Arbeitsplanung erfahren auch in diesem Bereich in Hinblick auf eine integrierte Entsorgungssicherung ihre konsequente Fortführung. Dies zeigt sich, abhängig vom gewählten Fertigungsverfahren, in der Auswahl unkritischer Fertigungshilfs- und Betriebsstoffe, der Optimierung des Rohstoff- und Materialeinsatzes, der Konzeption der Produktionsabfallentsorgung/des Produktionsabfallrecyclings ebenso wie der Einführung von entsorgungsspezifisch erweiterten Klassifikations- bzw. Identifikationsschlüsseln und der Erstellung von Demontearbeitsplänen.

3.2.4. NC-, Roboter-Programmierung

¹⁵ vgl. VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1: Konstruktionsmethodik - Konzipieren technischer Produkte, S. 13ff.

¹⁶ VDI-Richtlinie 2243: Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte.

Die NC-, Roboterprogrammierung, deren Aufgabe die Umsetzung der geometrischen und konstruktiven Produktdaten in Anweisungen zur Steuerung von NC-Maschinen und Robotern ist beschränkt sich unter dem Gesichtspunkt der Entsorgungssicherung auf den Aspekt der Verschnittoptimierung.

3.2.5. Transportsteuerung

Die Transportsteuerung umfaßt die Aufgaben:

- Verfolgung des innerbetrieblichen Transports,
- Bestandsführung der Förder- und Förderhilfsmittel.

Im gleichem Maße, wie die Transportsteuerung die einzelnen Produktionsabschnitte miteinander verkettet und durch den parallel geführten Informationsfluß die Verfolgung des Arbeitsfortschrittes ermöglicht, ist der Material- und Informationsfluß für Produktionsabfälle zu realisieren. Hierbei kann zwischen der Einbindung von recycelbaren Materialien in den Produktionsprozess und der Ausschleusung von entsorgungsrelevanten Stoffen aus der Produktion differenziert werden.

Die Transportsteuerung hat in Abstimmung mit den Vertriebsfunktionen der Auswahl geeigneter Transportmittel, Förderhilfsmittel und Behälter Sorge zu tragen.

3.2.6. Lagersteuerung

Die Lagersteuerung umfaßt die Aufgaben:

- Bereitstellung und Einlagerung von Werkstücken und Fertigungshilfsmitteln,
- Umlagerung.

Das Lagersteuerungssystem ordnet Einsatzmaterialien, Zwischen- und Endprodukte, unter Zuhilfenahme von Daten aus dem Materialwirtschaftssystem, Lagerplätze zu. Hierbei sind spezielle Lagerstrategien und -strukturen für entsorgungsrelevante Objekte zu berücksichtigen.

3.2.7. Montagesteuerung

Die Aufgabe der Montagesteuerung ist die Koordination des Montageprozesses. Analog einer Montagesteuerung auf der Grundlage von Montage-Arbeitsplänen kann im Falle der

Wiederaufarbeitung von Produkten eine Demontagesteuerung unter Nutzung von Demontagearbeitsplänen und entsprechenden Fertigungsressourcen erfolgen. Die Gestaltungskriterien orientieren sich hierbei an Zielsetzungen wie z. B. sortenreine Rückgewinnung von Werkstoffen, zerstörungsfreie Zerlegung und der Vorbereitung von Qualitätsprüfungen.

3.2.8. Instandhaltung

Die Instandhaltung umfaßt die Aufgaben der Durchführung von Inspektions-, Wartungs-, und Reparaturarbeiten.

In diesem Bereich ergeben sich Ansatzpunkte für die Entsorgungssicherung in der Optimierung des Hilfs- und Betriebsstoffeinsatzes und der Verwendung unkritischer Hilfs- und Betriebsstoffe.

3.2.9. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung umfaßt die Aufgaben:

- Erstellen von Qualitätsmerkmalen und Prüfplänen,
- Eingangsprüfung von Materialien und Zukaufteilen,
- Qualitätsprüfung des Fertigungsprozesses,
- Endkontrolle.

Die Qualitätssicherung erfährt durch eine Integration der Entsorgungssicherung grundlegende Erweiterungen ihrer Funktionen. Über den gesamten Produktentstehungs- und Nutzungszyklus hinweg bietet es sich an, parallel zu den Merkmalen der Qualitätssicherung Kriterien der Entsorgungssicherung einfließen zu lassen. So sind spezielle Prüfungen bezüglich wieder- und weiterverwerteter Materialien und Baugruppen durchzuführen und ihre Einsatztauglichkeit zu verifizieren. Ihr obliegt die Freigabe von Werkstoffen und alternativer Materialien. Prüfpläne sind um entsorgungsspezifische Merkmale zu erweitern. Schließlich ist die Entsorgungssicherung nach Maßstäben der Qualitätssicherung zu beurteilen, um so zu Aussagen über die Güte und Effizienz der Entsorgungsmaßnahmen zu gelangen.

4. Ausblick

Das Konzept der integrierten Entsorgungssicherung stellt den Industriebetrieb als steuerungsrelevante Einheit in den Mittelpunkt der Betrachtung. Dieser muß als Folge verursachungsgerechter Steuerungsmechanismen zunehmend der begrenzten Aufnahmekapazität der Umwelt für Schadstoffe und Abfälle Rechnung tragen und den Aspekt einer entsorgungsgerechten Produktion in die betrieblichen Abläufe integrieren; somit kommt dem Gestaltungsaspekt betriebswirtschaftlicher Informationssysteme eine Schlüsselrolle zu. Die Integration der Entsorgungssicherung setzt die Beschreibung der betriebswirtschaftlich relevanten Tatbestände in eine strukturierten Form voraus.

In einem Informationsmodell zur integrierten Entsorgungssicherung werden relevante Daten-, Funktions- und Organisationsstrukturen eines Unternehmens in übersichtlicher Form dargestellt und können so als Grundlage für einen weiteren Erkennungsprozeß dienen und ihn erleichtern. Die Zerlegung in einzelne Sichten hat zum Ziel, die Komplexität der Vorgangsbeschreibung zu reduzieren. Die Beschreibung des abzubildenden Sachverhaltes erfolgt ohne konkreten Bezug zur eingesetzten Informations- und Kommunikationstechnik und dient der Darstellung der sachlogischen Zusammenhänge.

Auf der Grundlage des Informationsmodells zur integrierten Entsorgungssicherung können Gestaltungskriterien zur unternehmensspezifischen Umsetzung abgeleitet und in einem allgemeinen Vorgehensmodell beschrieben werden.

5. Literaturangaben

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

Haasis, H.-D.: Umweltorientierte Materialwirtschaft, in: Umwelt und Energie - Handbuch für die betriebliche Praxis, Heft 5 v. 4.10.1990, S.99-139.

Hunscheid, J.: PSI-Studie - Informationstechnik im Umweltschutz, Velbert 1988.

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

Jaeschke, A.; Geiger, W.; Page, B. (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz, Proceedings zum 4. Symposium in Karlsruhe vom 6.-8. November 1989, Berlin-Heidelberg-New York u. a. 1989.

Kloock, J.: Umweltkostenrechnung, in Scheer, A.-W. (Hrsg): Rechnungswesen und EDV, 11. Saarbrücker Arbeitstagung, Heidelberg 1990, S. 129 - 156.

Kreikebaum, H. (Hrsg.): Integrierter Umweltschutz - Eine Herausforderung an das Innovationsmanagement, Wiesbaden 1990.

Page, B. (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz, München-Wien 1986.

Scheer, A.-W.: CIM (Computer Integrated Manufacturing) - Der computergesteuerte Industriebetrieb, 4. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York u. a. 1990.

Stahlmann, V.: Umweltorientierte Materialwirtschaft, Wiesbaden 1988.

Wicke, L.; Haasis, H.-D.; Schafhausen, F.; Schulz, W.: Betriebliche Umweltökonomie, München 1990.