

Studien zur Wirtschaftsinformatik 10

Herausgegeben von

Karl Kurbel, Uwe Pape und Wolfgang Uhr

Claus Rautenstrauch

Fachkonzept
für ein integriertes Produktions-,
Recyclingplanungs- und Steuerungssystem
(PRPS-System)



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1997

Claus Rautenstrauch

PD Dr., Lehrstuhl für Informationsmanagement,
Fachgruppe Informationswissenschaft, Universität Konstanz

Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. sind in diesem Werk nicht durchgehend gekennzeichnet. Gekennzeichnete und nicht gekennzeichnete Bezeichnungen können Warenzeichen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

Das Buch enthält 102 Abbildungen und 17 Tabellen

© Gedruckt auf säurefreiem Papier, das die US-ANSI-Norm über Haltbarkeit erfüllt.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Rautenstrauch, Claus:

Fachkonzept für ein integriertes Produktions-, Recyclingplanungs-
und Steuerungssystem

(PRPS-System) / Claus Rautenstrauch. – Berlin ; New York : de
Gruyter, 1997

(Studien zur Wirtschaftsinformatik ; 10)

ISBN 3-11-015446-3

NE: GT

© Copyright 1996 by Walter de Gruyter & Co., D-10785 Berlin.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Druck: WB-Druck GmbH & Co., Rieden am Forggensee. – Buchbinderische Verarbeitung: Mikolai GmbH, Berlin. – Einband: Hansbernd Lindemann, Berlin.

Printed in Germany

Vorwort

*Versetzen Sie sich bitte einmal in die Lage eines Archäologen im Jahre 3096. Auf der Suche nach Spuren vergangener Kulturen ist er auf ein Gelände gestoßen, daß offenbar vor mehr als 1000 Jahren eine Müllkippe war. Er findet gut erhaltene Plastiktüten, verrottete Teile altertümlicher Fortbewegungsmittel, Reste bizarr anmutender Haushaltsgeräte und vieles andere mehr. Bei der Altersbestimmung und Katalogisierung der gefundenen Gegenstände stellt er fest, daß der weitaus überwiegende Teil der Fundstücke aus der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts des zweiten Jahrtausends stammt. Danach nimmt die Zahl der Fundstücke rapide ab, denn es begann das **Zeitalter des Recycling!***

Nun, ganz so weit ist es noch nicht. Recycling ist heute eine Herausforderung für Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen. Daher haben wissenschaftliche Arbeiten zum Recycling fast immer interdisziplinären Charakter, was auch für diese Arbeit gilt. Die hier behandelte Thematik der integrierten und computergestützten Produktions- und Recyclingplanung und -steuerung (PRPS) ist im Schnittbereich von Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre (insbesondere Industriebetriebslehre) angesiedelt und berührt ferner auch Themen der Umweltinformatik und Ingenieurwissenschaften.

Während technische Lösungen für das Recycling seit Jahren erarbeitet werden, ist die Einbeziehung des Recycling in die PPS ein noch recht junges Forschungsgebiet. Dieses Buch ist ein Beitrag zur Konzeption von PPS-Systemen, die in der Lage sind, Produktionsdaten für ein zukünftiges Recycling bereitzustellen, als auch den Rückfluß von Teilen aus dem Recycling einzubeziehen.

Den Anstoß zu dieser Arbeit gab ein Beitrag im August 1991, der gerade im Radio lief, während ich meine Dissertation zur Buchbinderei fuhr. In diesem Beitrag wurde über die Eröffnung des ersten Recyclingzentrums für Elektronikschrott in Nordrhein-Westfalen berichtet. Daher gilt mein erster Dank den Redakteuren des WDR, die diesen Beitrag zusammenstellten und ausstrahlten und mir so die möglicherweise jahrelange Themensuche für diese Arbeit ersparten.

Weitere Anstöße gaben der bahnbrechende Artikel von Corsten und Reiss mit dem Titel „Recycling in der PPS“, der 1991 in der DBW erschienen ist, und ein mehr oder weniger zufällig entstandenes Gespräch mit Dr.-Ing. Johann Adam von der Robotron

Datenbank-Software GmbH, Dresden, wofür ich ebenfalls herzlich danken möchte. Von ihm stammt die Anregung, integrierte Produktions- und Recyclingprozesse mit Petri-Netzen zu modellieren, wobei er erste Ansätze bereits 1969 (!) in der Zeitschrift *Rechentchnik* veröffentlicht hat.

Nachdem nun die Liste derjenigen Personen, denen ich für Ihre Unterstützung zu danken habe, eröffnet ist, möchte ich zunächst meiner Frau, Edeltraud Rautenstrauch, für ihre Unterstützung durch die Abwicklung sämtlicher privater „Geschäftsprozesse“, unermüdliches Korrekturlesen und einem allen Situationen gewachsenen Krisenmanagement (das nicht hoch genug bewertet werden kann) herzlich danken.

Weiterhin gilt mein Dank meinem akademischen Lehrer, Professor Dr. Karl Kurbel, der diese Arbeit betreut hat und stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Weiterhin möchte ich Professor Dr. Dietrich Adam und Professor Dr. Jörg Becker für die vielen konstruktiven Diskussionen und Anregungen danken, die erheblich zur Qualitätsverbesserung der Arbeit beigetragen haben. Herrn Professor Adam möchte ich außerdem für die Hilfsbereitschaft und die (trotz hoher Kapazitätsauslastung) enorm kurzen Durchlaufzeiten bei der Bewältigung mancher fachlicher und formaler Hürden besonders danken. Mein Dank gebührt auch Professor Dr. Dr. h.c. Heribert Meffert für die Übernahme des Koreferats.

Viele inhaltliche Anregungen verdanke ich auch meinen Kollegen Dipl.-Inform. Thomas Schnieder, Dipl.-Inform. Bernd Schneider, Dipl.-Wirt.-Inform. Kai Gerhold und Dipl.-Kfm. Reinhard Jung, wobei letztgenannter auch das mühevollste Lektorat für dieses Buch übernommen hat.

Eine Habilitationsschrift ist nicht zwangsläufig ein Buch. Die Formatierung des Textes nach den nicht gerade trivialen Vorgaben des Walter de Gruyter Verlags hat zu einem großen Teil Frau Gabriele Becker durchgeführt. Seitens des Verlags wurde das Werk von Frau Dr. Bianka Ralle, Frau Elisabeth Abu Homos und Frau Marie-Rose Dobler betreut. Auch Ihnen allen möchte ich für das Gelingen des Werks danken.

Der letzte und damit auch besondere Dank hat einen nicht ganz alltäglichen Hintergrund: Als kurz vor Abgabe der Arbeit mein betagter Apple Macintosh Plus (Baujahr 1985!), mit dem ich den Großteil des Manuskripts erstellt habe, im für einen PC geradezu biblischen Alter von 9 Jahren das Zeitliche segnete, haben mir cand. rer. pol. Jörg Zieren und Dipl.-Kfm. Ing (grad.) Norbert Hunstig von der Melados Computer GmbH, Münster, aus der Klemme geholfen. Ihnen gebührt daher mein besonderer Dank.

Claus Rautenstrauch

Münster und Konstanz im September 1996

Inhalt

1	Ziele und Aufbau der Arbeit	1
1.1	Ziele	1
1.2	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	7
2	Industrielle Produktion und Recycling	11
2.1	Produktionsplanung und -steuerung und PPS-Systeme	11
2.1.1	PPS-Systeme aus Sicht der Wirtschaftsinformatik	11
2.1.2	Das ökonomische Zielsystem der PPS	12
2.1.3	Funktionsbereiche von PPS-Systemen	16
2.1.3.1	Datenverwaltung	17
2.1.3.2	Primärbedarfsplanung	18
2.1.3.3	Materialwirtschaft	19
2.1.3.4	Zeit- und Kapazitätswirtschaft	20
2.1.3.5	Fertigungssteuerung	22
2.2	Entsorgung, Recycling und Abfallbeseitigung	24
2.2.1	Begriffsklärungen	24
2.2.2	Ziele und Grenzen des Recycling	30
2.2.3	Wirtschaftliche Vorteile von Recycling	32
2.2.4	Recycling als interdisziplinäre Aufgabenstellung	36
2.2.5	Ansätze zur rechnergestützten Recyclingplanung auf PPS-Basis	41
2.3	Integrationskonzept für die Recycling- und Produktionsplanung	44
2.3.1	Integration von Produktions- und Recyclingprozessen	44
2.3.1.1	Struktur und Qualität von Recyclinggütern	44
2.3.1.2	Grobkonzepte für die Verkürzung von Prozeßketten	46
2.3.1.3	Argumente für die Integration von Produktions- und Recycling- prozessen	48
2.3.1.4	Integrationsbedingte Änderungen der Prozeßabläufe	51
2.3.1.5	Objekte der Integration auf Prozeßebene	52
2.3.2	Integrierte Planung von Produktion und Recycling	55
2.4	Das ökonomische Zielsystem der PRPS	57
2.5	PRPS und die ökologischen Ziele des Recycling	60

3	Modellierung integrierter Produktions- und Recyclingprozesse	61
3.1	Modellierung mit Petri-Netzen	62
3.2	Grundlagen für die Modellierung	65
3.3	Petri-Netz-Bausteine für die Modellierung.....	67
3.3.1	Bausteine für die Modellierung von Arbeitsgängen.....	67
3.3.2	Modellierung von Arbeitsgängen gleicher Arbeitsgangstufe.....	70
3.3.3	Modellierung von Überlappungen	73
3.3.4	Bausteine für die Modellierung von Betriebsmitteln, Lagern und Kapazitäten	74
3.3.5	Modellierung mit zeitbehafteten und stochastischen Transitionen....	80
3.3.6	Auflösung partieller Konflikte.....	83
3.4	Produktions- und Recyclingprozesse.....	85
3.4.1	Produktionsprozesse	87
3.4.2	Entsorgungsprozesse.....	89
3.4.3	Integrierte Produktions- und Recyclingprozesse.....	92
3.4.3.1	Integration von Produktions- und Reststoffrecyclingprozessen.....	92
3.4.3.2	Integration von Produktion und Ausschußrecycling.....	94
3.4.3.3	Integration von Produktion und Altproduktrecycling.....	95
3.5	Bedeutung und Nutzen der Prozeßmodelle für die weitere Arbeit ...	97
4	Grunddaten der PRPS	99
4.1	Teilestammdaten und Erzeugnisstrukturen.....	99
4.1.1	Teilestammdaten	99
4.1.2	Erzeugnisstrukturen	102
4.2	Arbeitspläne und Arbeitsgänge.....	110
4.2.1	Arbeitspläne und Arbeitsgänge im Produktionsbereich	110
4.2.2	Beziehungen zwischen Produktions- und Recyclingarbeitsplänen..	113
4.2.3	Zusammenhänge zwischen Erzeugnisstrukturen und Arbeitsplänen.....	116
4.3	Auftragsdaten.....	120
4.4	Sonstige Daten	122
5	Erweiterungen der Stammdatenverwaltung	125
5.1	Teile und Erzeugnisstrukturen.....	128
5.1.1	Teilestammdaten	128
5.1.2	Merkmale und Ausprägungen	131
5.1.3	Erzeugnisstrukturen	133
5.2	Arbeitspläne	138

5.2.1	Beziehungen zwischen Arbeitsplänen	138
5.2.2	Beziehungen zwischen Arbeitsgängen.....	139
5.2.3	(Halb-)automatische Generierung von Recyclingarbeitsplänen.....	139
5.2.4	Browser für Arbeitspläne	140
5.3	Recyclinggraphen	142
5.3.1	Recyclinggraphenelemente.....	142
5.3.2	Festlegung von Bauteilgruppen	146
5.3.3	Generierung von Recyclinggraphen	150
5.3.4	Browser für Recyclinggraphen.....	154
5.4	Auftragsdaten.....	156
6	Erweiterungen der Materialwirtschaft.....	159
6.1	Lagerhaltung.....	159
6.2	Mengenplanung	160
6.2.1	Bruttobedarfsberechnung	161
6.2.1.1	Bruttobedarfsberechnung bei mittelbarem Ausschuß- und Reststoffrecycling	162
6.2.1.2	Bruttobedarfsberechnung bei unmittelbarem Ausschuß- und Reststoffrecycling	166
6.2.1.3	Bruttobedarfsberechnung für Entsorgungsgüter	170
6.2.2	Nettobedarfsberechnung	171
6.2.3	Beseitigungsbedarfsplanung.....	172
6.2.4	Losgrößenplanung	174
6.2.4.1	Losgrößenplanung in der Produktion.....	174
6.2.4.2	Losgrößenplanung im Entsorgungsbereich	175
6.2.5	Vorlaufverschiebung.....	178
6.3	Zusammenfassung Materialwirtschaft	178
7	Terminierung bei unmittelbarem Recycling.....	179
7.1	Sekundärauftragsstrukturen.....	179
7.2	Terminierungsverfahren.....	182
7.2.1	Synchrone Vorwärtsterminierung.....	183
7.2.2	Gepufferte Terminierung	184
7.2.3	Asynchrone Terminierung	186
7.3	Vergleich der Verfahren	187
8	Zusammenfassung und Ausblick	191

Anhang: Beschreibung der verwendeten Formalismen

A1 Netze und Petri-Netze	197
A1.1 Grundlegende Definitionen	197
A1.2 Eigenschaften von Petri-Netzen.....	199
A1.3 Deadlocks und Traps	200
A1.4 S- und T-Invarianten	200
A1.5 Prädikat-Transitionen-Netze.....	201
A1.6 Deterministische und stochastische Petri-Netze	201
A2 Entity-Relationship-Diagramme	202
A2.1 Elemente von ER-Diagrammen nach Chen	203
A2.1 Verwendete Erweiterungen des Modells	204
A3 Struktogramme	206
Literatur	207
Sachregister	221

1 Ziele und Aufbau der Arbeit

1.1 Ziele

Unter dem Begriff „Recycling“ wird eine Vielzahl von Aktivitäten zusammengefaßt, bei denen Güter aus einem Produktions- oder Konsumptionsprozeß wieder in einen Produktionsprozeß zurückgeführt werden. Beispiele reichen hier von der Verwendung von Mehrwegflaschen bis zur Wärmerückgewinnung bei Kraftwerken. In der Regel verbindet man mit Recycling die Aufbereitung von Hausmüll, das Glas- und Papierrecycling oder die Sammlung und den Wiedereinsatz von Kuppelprodukten in der Prozeßindustrie¹⁾. Dem *Recycling technischer Güter*, dem sich diese Arbeit widmet, ist bisher vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden, obwohl ökonomische und ökologische Argumente sowie gesetzliche Auflagen das Recycling auch für derartige Güter interessant machen.

Das Recycling technischer Güter wird in den Ingenieurwissenschaften naturgemäß aus konstruktiver und verfahrenstechnischer Sicht betrachtet. Die planerische Seite des Recycling ist jedoch noch wenig untersucht, obwohl die Probleme offensichtlich sind. Die Demontage, Aufarbeitung, Trennung und Sortierung von Teilen erfordert u.U. aufwendige verfahrenstechnische Lösungen. Weiterhin ist die Komplexität der Prozesse für das Recycling technischer Güter wie Maschinen, Automobile, Haushaltsgeräte oder Produkte der Unterhaltungselektronik mit dem Aufwand für die Produktion dieser Güter vergleichbar. Daraus ergibt sich u.a. die Forderung nach einer an die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) angelehnten Recyclingplanung und -steuerung (RPS).

Die Rückführung von Gütern, die aus einem Recyclingprozeß hervorgehen (Recyclaten), in den Produktionsprozeß verändert auch die Strukturen der PPS. Recyclate gehen heute in der Regel als Sekundärrohstoffe oder -material in die Fertigung zurück. Diese Art des Recycling wird *Materialrecycling* genannt. Da einzelne Baugruppen und Bauteile technischer Güter eine höhere „Lebenserwartung“ als das Gesamtprodukt haben können, ist es sinnvoller, diese Baugruppen bzw. Bauteile wieder als solche der Produktion zukommen zu lassen, als Altprodukte bis zum Rohstoffstadium zu zerlegen und erst dann wieder der Produktion zuzuführen. Die Rückführung von ge-

1) Vgl. z.B. Keller, Schenkel (1992), S. 38 ff.; Keller (1977).

brauchten Produkten in ein neues Gebrauchsstadium unter Beibehaltung der Gestalt des Produkts wird *Produktrecycling* genannt¹⁾. Produktrecycling, das primärer Gegenstand dieser Arbeit ist, erfordert das koordinierte Zusammenwirken von Produktion und Recycling und damit eine integrierte und computergestützte Produktions- und Recyclingplanung und -steuerung (PRPS). Dabei wird der Begriff „Produktrecycling“ nicht nur auf Altprodukte, die aus einem Gebrauchsprozeß hervorgehen, sondern auch auf Reststoffe und Ausschuß aus der Produktion bezogen.

Die mit dem verfahrenstechnischen Aufwand verbundenen Recyclingkosten waren bzw. sind Hauptthemmen für die Durchführung von Produktrecycling. Diese Hemmnisse werden jedoch zunehmend abgebaut. Begrenzte Deponievolumina, erhöhte Entsorgungskosten, Rohstoffengpässe, die Schaffung von Märkten für Recyclate (z.B. durch *Abfall- bzw. Recyclingbörsen*), und vor allem gesetzliche Auflagen (insbesondere Rücknahmeverpflichtungen) machen Recycling zunehmend auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive relevant und attraktiv.

In Analogie zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS) gilt es im Prinzip, die Recyclingkosten durch systematische Planung und Steuerung der Prozesse zu reduzieren. Einerseits stecken zwar die Forschungsansätze zu einer computergestützten Recyclingplanung und -steuerung noch in den Kinderschuhen, andererseits ist es jedoch möglich, die Recyclingplanung und -steuerung auf Erkenntnissen der PPS aufzubauen. Mit der Auswahl der Werkstoffe und der Festlegung der Montageverfahren werden nicht nur die Rahmenbedingungen für die Produktion, sondern auch für das Recycling eines technischen Produkts bereits im Konstruktionsprozeß und in der Arbeitsplanung festgelegt. Während die produktionsrelevanten Daten z.B. in Form von Teilestammdaten, Erzeugnisstrukturen und Arbeitsplänen in PPS-Systemen verwaltet werden, gehen Daten zur Wiedereinsetzbarkeit und Demontagetauglichkeit weder in PPS-Systeme noch in sonstige betriebliche Informationssysteme ein. Die in diesem Werk ausgearbeiteten Konzepte sollen als Grundlage für die Entwicklung bzw. Erweiterung von PPS-Systemen dienen. PPS-Systeme, die auf Basis dieser Konzepte erweitert wurden, sollen einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Lücke, daß bisher keine Daten und Funktionen für das Recycling in betrieblichen Informationssystemen zur Verfügung gestellt werden, zu schließen.

Der Einsatz integrierter PRPS-Systeme soll der Bewältigung von *Alt- und Zukunftslasten* dienen. Einerseits sollen Produktionsdaten für die Bewältigung *zukünftiger* Altlasten für neue Produkte so aufbereitet und ergänzt werden, daß diese Produk-

1) Vgl. VDI (1993); Spath u.a. (1994), S. 38. Da der Output des Produktrecycling veräußerbare bzw. im Produktionsprozeß einsetzbare Teile sind, werden in neueren Veröffentlichungen auch die Begriffe „Austauschteilerzeugnisfertigung“ (vgl. Hartmann, Lehmann (1993a), S. 104), „Austauschfertigung“ (vgl. Seliger u.a. (1993), S. 245) oder „Sekundärproduktion“ (vgl. Wamecke, Sigl (1994)) verwendet.

tionsdaten für eine *in der Zukunft* erfolgende effiziente Demontage- und Recyclingplanung herangezogen werden können. Demontage- und Recyclingprozesse des Produktrecycling sind heute planerisch nur schwer beherrschbar, da sie in der Regel mit schwerwiegenden Unsicherheiten behaftet sind. So ist z.B. der Zeitbedarf für die Demontage eines Altprodukts nur schwer berechenbar, da weder gebrauchts- oder altersbedingte Einwirkungen noch Informationen über die Zusammensetzung und Struktur des Altprodukts zum Planungszeitpunkt hinreichend genau bekannt sind. Die in dieser Arbeit erstellten Konzepte sollen nicht der Planung von mit Unsicherheiten behafteten Recyclingprozessen dienen, sondern dazu beitragen, Unsicherheiten, die auf mangelhaften Informationen basieren, zu reduzieren.

Auf der anderen Seite soll die Bewältigung von Altlasten auf Basis dieser Daten geplant werden können. Unter der Bewältigung von Altlasten wird hier die wirtschaftliche und umweltgerechte Entsorgung *heute bzw. zum Planungszeitpunkt vorliegender Bestände* nicht mehr gebrauchsfähiger Gegenstände verstanden. Da die aus den vorliegenden Beständen gewonnenen Recyclate wieder in der Produktion eingesetzt werden können, hat Produktrecycling auch Rückwirkungen auf die PPS und hier insbesondere auf die Materialwirtschaft.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines *Fachkonzepts* für die Erweiterung von PPS-Systemen zu PRPS-Systemen. Dabei wird auf bestehende Konzepte von PPS-Systemen aufgesetzt, die für eine integrierte PRPS modifiziert und erweitert werden. Die Erweiterungen und Modifikationen betreffen die Bereitstellung von Produktionsdaten für das Recycling, die Berücksichtigung von Sekundärgütern in der Produktion und die Planung und Steuerung von Recyclingprozessen, die unmittelbar mit Produktionsprozessen über Input-Output-Beziehungen von Material gekoppelt sind. Einen wesentlichen Anteil an den Erweiterungen der PPS hat die Mengenplanung unter Berücksichtigung von Recycling- und Sekundärgütern. Recycling wird hier als unterstützende Funktion für die Produktion angesehen, die Recyclingplanung und -steuerung an sich wird nur am Rande behandelt. Recyclinginduzierte PPS-Erweiterungen und -Modifikationen sollen so gering wie möglich sein, damit die Barriere für die Implementierung und den Einsatz von PRPS-Systemen sowohl für Anwender als auch PPS-Systementwickler so niedrig wie möglich ist. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu sehen, daß bestehende PPS-Systeme bereits heute derart komplex sind, daß sie oft nur in Teilen oder erst nach einer aufwendigen Systemeinführung genutzt werden können¹⁾.

Während die recyclingbedingten Erweiterungen von PPS-Systemen im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen, wird die Recyclingplanung und -steuerung nur soweit berücksichtigt, wie sie durch Verfahren aus PPS-Systemen ohne größere Änderungen

1) Vgl. Strickert (1993).

unterstützt werden kann. Gebrauchsbedingte Unsicherheiten können zumindest für Recyclinggüter wie Ausschussteile und Reststoffe ausgeschlossen werden, da sie noch keinen Gebrauchsprozeß durchlaufen haben. Geht man weiterhin davon aus, daß Produkte heute in zunehmendem Maße recyclinggerecht konstruiert werden, dann sind für die Recyclingplanung dieser Güter durchaus Verfahren z.B. im Bereich der Terminierung anwendbar, die in PPS-Systemen verfügbar sind. Für das Altproduktrecycling sind Funktionen von PPS-Systemen, insbesondere wenn diese auf der MRP II-Logik basieren, aufgrund der zu berücksichtigenden Planungsunsicherheiten nicht geeignet.

Wie bereits erwähnt, soll der Schwerpunkt der Ausführungen in diesem Buch auf dem Recycling komplexer technischer Güter liegen. Im folgenden werden die dem Fachkonzept zugrundeliegenden Betriebstypen dargelegt. Hierfür wird die von Schomburg¹⁾ entwickelte Betriebstypologie²⁾ benutzt, da sie für die Definition der im Rahmen dieses Werks relevanten Betriebstypen hinreichend detailliert und kompakt ist.

Anhand von acht Merkmalen, denen jeweils drei bis vier Ausprägungen zugeordnet sind, wird ein sogenannter morphologischer Kasten aufgebaut. Die Merkmale nach Schomburg sind folgende:

- *Erzeugnisspektrum*: Mit den Ausprägungen dieses Merkmals wird angegeben, wie weit die zu produzierenden Teile standardisiert sind. Die Ausprägungen erfassen dabei das Spektrum von *Erzeugnissen nach Kundenspezifikation* (keine bzw. nur geringe Standardisierung) bis zu *Standarderzeugnissen ohne Varianten*.
- *Erzeugnisstruktur*: Klassifikationskriterium ist die Komplexität der zu produzierenden Güter. Die Ausprägungen dieses Merkmals reichen von *einteiligen Erzeugnissen* bis zu *mehrteiligen Erzeugnissen mit komplexer Struktur*.
- *Auftragsauslösungsart*: Beim Merkmal Auftragsauslösungsart wird unterschieden, ob Produktionsaufträge durch Kundenaufträge, Lageraufträge oder beide Auftragsarten ausgelöst werden.
- *Dispositionart*: Ausprägungen des Merkmals Dispositionsart legen fest, ob die Disposition (überwiegend) kundenauftrags- oder programmorientiert erfolgt.
- *Beschaffungsart*: Mit diesem Merkmal wird die Bedeutung des Fremdbezugs von den Ausprägungen *unbedeutend* bis *weitestgehend* für die Produktion festgelegt.

1) Vgl. Schomburg (1980). Diese Typologie wird in der Literatur zu PPS-Systemen relativ häufig verwendet, vgl. Glaser u.a. (1992), S. 409 ff.; Hackstein (1989), S. 27 ff.; Kurbel (1995), S. 31 ff.

2) Zu weiteren Betriebstypologien von Produktionsbetrieben vgl. z.B. Hoitsch (1993), S. 12 ff.; zum Begriff der Betriebs- bzw. Unternehmungstypologien vgl. z.B. Engelhardt (1988) sowie die dort zitierte Literatur.

- **Fertigungsart:** Die Ausprägungen des Merkmals Fertigungsart legen fest, wie hoch der Wiederholungsgrad der Produktion in einer Planungsperiode ist. Die Ausprägungen reichen von der *Einmalfertigung* bis zur *Massenfertigung*.
- **Organisationsform der Fertigung¹⁾:** Mit diesem Merkmal wird die räumliche Anordnung der Betriebsmittel bei der Produktion festgelegt. Die Ausprägungen reichen von *Baustellen-* bis zur *Fließfertigung*.
- **Fertigungsstruktur:** Dieses Merkmal beschreibt die Anzahl der zu belegenden Betriebsmittel in einem Produktionsprozeß. Die Ausprägungen reichen von *einstufiger* bis zur *mehrstufigen Produktion mit hoher Stufenanzahl²⁾*.

Tab. 1.1-1: Für diese Arbeit relevanter Betriebstyp als morphologischer Kasten

Merkmal	Merkmalsausprägungen			
	Erzeugnisse nach Kundenspezifikation	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse ohne Varianten
Erzeugnisspektrum				
Erzeugnisstruktur	Einteilige Erzeugnisse	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	Mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur	X
Auftragsauslösungsart	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	Produktion auf Lager	X
Dispositionsart	Disposition kundenauftragsorientiert	Disposition überwiegend kundenauftragsorientiert	Disposition überwiegend programmorientiert	Disposition programmorientiert
Beschaffungsart	Fremdbezug unbedeutend	Fremdbezug in größerem Umfang	Weitgehender Fremdbezug	X
Fertigungsart	Einmalfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
Organisationsform	Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Gruppen-/Linienfertigung	Fließfertigung
Fertigungsstruktur	Fertigung mit geringer Anzahl Stufen	Fertigung mit mittlerer Anzahl Stufen	Fertigung mit hoher Anzahl Stufen	X

Ein Betrieb wird durch die Kennzeichnung der zutreffenden Merkmalsausprägungen charakterisiert. Diese Kennzeichnung erfolgt (wie in Tabelle 1.1-1 dargestellt) durch graue Unterlegung des jeweils zutreffenden Merkmals.

Der für diese Arbeit relevante Betriebstyp wird nun mit Hilfe des morphologischen Kastens spezifiziert.

- 1) In der Originalquelle wird dieses Merkmal *Fertigungsstruktur* genannt.
- 2) In der Originalquelle werden die Ausprägungen *Fertigungstiefe* genannt. Dieser Begriff wird hier vermieden, um Konflikte mit der in der Betriebswirtschaftslehre üblichen Verwendung des Begriffs auszuschließen.

Für das Merkmal Erzeugnispektrum gilt, daß der Grad, mit dem das Fachkonzept zutrifft, steigt, je höher der Anteil an standardisierten Teilen der Erzeugnisse ist. Höhere Standardisierung impliziert eine höhere Wahrscheinlichkeit, daß Recyclate als Sekundärteile in der Produktion wiederverwendet werden können, was wiederum eine Voraussetzung für die *integrierte PRPS* ist.

Bei einteiligen Erzeugnissen oder Erzeugnissen mit einfacher Struktur basieren Demontage und Aufbereitung zur Gewinnung von Recyclaten in der Regel auf (aus Sicht der Planung) verhältnismäßig einfach strukturierten Prozessen, auch wenn derartige Prozesse technologisch durchaus aufwendig sein können. Daher ist die Notwendigkeit zu einer integrierten Planung von Produktions- und Recyclingprozessen in diesen Fällen nicht bzw. nur bedingt gegeben.

Aus Sicht der PRPS ist es zwar prinzipiell unerheblich, ob die Produktion durch Kunden- oder Lageraufträge ausgelöst wird oder die Disposition kundenauftrags- oder programmorientiert erfolgt, allerdings ist mit auftragsorientierter Fertigung in der Regel die Produktion kundenspezifischer und individueller Güter verbunden. Da die Produktion kundenspezifischer und individueller Güter bei Serien- oder Massenfertigung in der Regel ausgeschlossen ist, wird daher von der Auftragsauslösungsart *Produktion auf Lager* ausgegangen. Die kundenauftragsorientierte Fertigung soll allerdings nicht ganz ausgeklammert werden, da z.B. bei Zulieferbetrieben von Großunternehmen der Fall eintreten kann, daß trotz zumindest teilweise vorhandener kundenauftragsorientierter Ausrichtung Serien- bzw. Massenfertigung betrieben wird. Daher ist auch das Merkmal *Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen* zulässig.

Auch wenn es prinzipiell unbedeutend ist, ob recyclingrelevante Informationen für eigengefertigte oder fremdbezogene Teile generiert werden oder Sekundärteile in die Produktion zurückfließen, die ursprünglich aus Eigenfertigung oder Fremdbezug stammen, wird der Fall des weitgehenden Fremdbezugs hier ausgeklammert. Dies ist sinnvoll, weil im letzteren Falle der Planungsbedarf für Recyclinggüter weitaus mehr auf der Seite der Zulieferer als beim Produktionsunternehmen selbst besteht.

Aufgrund der weitgehenderen Verwendung standardisierter Baugruppen sind bei Serien- und Massenfertigung die Möglichkeiten zum Wiedereinsatz von Sekundärgütern eher als bei Einmal- oder Einzel- und Kleinserienfertigung gegeben.

Da für Serien- und Massenfertigung in der Regel eher die Organisationsformen der Gruppen-/Linien- und Fließfertigung typisch sind, werden diese Organisationsformen zugrunde gelegt.

Von den weiteren Merkmalen ist weiterhin die Fertigungsstruktur relevant. Je größer die Anzahl der Fertigungsstufen ist, desto komplexer sind auch die planerisch zu bewältigenden Aufgaben bei der Demontage und Aufbereitung im Produktrecycling.

Die auszuarbeitenden Konzepte sollen aber nicht nur im Falle des *Herstellerrecycling*, d.h. für Unternehmen, die sowohl Produktion als auch Recycling betreiben, an-

wendbar sein, sondern auch bei *kooperativem Recycling*. In diesem Fall führt ein Unternehmen Recycling im Auftrag eines Herstellers aus.

Anonymes Recycling, d.h. der Fall, bei dem das Unternehmen Produkte ohne direkten Bezug zum Hersteller recycelt, ist für diese Arbeit nicht relevant, da hier kein Integrationsbedarf zwischen Produktions- und Recyclingplanung besteht.

1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Für die Entwicklung integrierter Informationssysteme hat Scheer mit der ARIS-Architektur (ARIS = ARchitektur integrierter InformationsSysteme) einen Rahmen vorgestellt, „in dem integrierte Anwendungssysteme entwickelt, optimiert und in die EDV-technische Realisierung umgesetzt werden können“¹⁾. Ein Fachkonzept ist eine implementierungsunabhängige Beschreibung eines betrieblichen Anwendungssystems. Die einzelnen Sichten des Systems werden mit Hilfe von so weit formalisierten Beschreibungssprachen spezifiziert, daß die formulierten Modelle Ausgangsbasis für die konsistente EDV-technische Implementierung sein können²⁾. Die angesprochenen Sichten sind die Organisations-, Funktions-, Steuerungs- und Datensicht³⁾:

- *Organisationssicht*: Die Organisationssicht beschreibt die Organisationseinheiten, die Organisationsstruktur (d.h. die Beziehungen zwischen Organisationseinheiten) und die Beziehungen von Organisationseinheiten zu Funktionen, Informationsobjekten und informationstechnischen Ressourcen.
- *Funktionssicht*: In der Funktionssicht werden Unternehmensziele, die Zielstruktur (d.h. die Beziehungen zwischen Zielen) sowie alle Funktionen beschrieben, welche die Erreichung der Unternehmensziele unterstützen.
- *Datensicht*: Die Datensicht umfaßt die Datenmodelle einzelner Teilsysteme, die darin enthaltenen Informationsobjekte und die Datenstruktur, d.h. die Beziehungen der einzelnen Informationsobjekte zueinander.
- *Steuerungssicht*: Die Steuerungssicht enthält alle Beziehungen zwischen Objekten der Organisations-, Funktions- und Datensicht.

Die Zusammenhänge zwischen den Sichten sind in Abbildung 1.2-1 dargestellt.

In Kapitel 2 werden zunächst bestehende Ansätze von PPS-Systemen und zum Recycling aus der Literatur analysiert. Da in der in Abbildung 1.1-1 angegebenen Betriebstypologie Werkstattfertigung explizit ausgeklammert ist, beschränkt sich die Un-

1) Scheer (1992), S. 3.

2) Vgl. Scheer (1992), S. 17. Zum Begriff des Fachkonzepts vgl. auch Kargl (1990), S. 25 ff.

3) Vgl. Scheer (1992), S. 19 ff.

tersuchung von PPS-Systemen auf solche, die auf der MRPII-Logik (MRP = Manufacturing Resource Planning) basieren. MRPII-Systeme sind zwar für Gruppen-, Linien- und Fließfertigung geeignet, für Werkstattfertigung allerdings kaum¹⁾. Auf Basis der Analyse wird ein Grobkonzept zur Integration von PPS und RPS entwickelt. Kern ist die Veränderung der Sekundärmengenplanung. Das Kapitel schließt mit der Formulierung eines Zielsystems für die PRPS und einer kurzen Reflexion der ökologischen Ziele des Recycling.

Ausgangspunkt für die Erarbeitung eines Fachkonzepts ist die Vorgangskettenanalyse. Ein Vorgang ist in zeitverbrauchendes Geschehen, das durch je ein Ereignis begonnen und beendet wird. Die wichtigsten Vorgänge im Produktions- und Recyclingbereich sind Transformationsprozesse von Werkstücken. Produktions- und Recyclingprozesse beschreiben daher die wesentlichen Vorgangsketten für diese Bereiche. Auf Basis der in Kapitel 2 erarbeiteten Erkenntnisse wird in Kapitel 3 zunächst ein Konzept für die Modellierung von integrierten Produktions- und Recyclingprozessen vorgestellt. Dieses Konzept dient als formale Grundlage der Erstellung von Modellen für die Daten-, Steuerungs- und Funktionssicht und kann auch für die Vorgangskettenanalyse bei der Entwicklung eines konkreten PRPS-Systems eingesetzt werden. Mit Hilfe von Petri-Netzen werden Bausteine definiert, mit denen beliebige ineinandergreifende oder partiell parallele Produktions- und Recyclingprozesse modelliert und beschrieben werden können. Dafür werden die Produktions- und Recyclingprozesse soweit abstrahiert, daß sie in einem gemeinsamen formalen Modell dargestellt werden können.

Danach wird in Kapitel 4 die Datensicht des Fachkonzepts detailliert dargestellt. Auf PPS-Daten wird jedoch nur soweit eingegangen, wie es für die Erweiterung zu PRPS-Systemen notwendig ist, da Fachkonzepte für PPS-Systeme in der Literatur bereits sehr weitgehend behandelt wurden. Der Schwerpunkt liegt auf den recyclinginduzierten Erweiterungen. Diese betreffen Erweiterungen für Sekundär- und Entsorgungsgüter, Recyclingergebnisstrukturen und -arbeitspläne sowie Recyclinggraphen als Hilfsmittel für die Erzeugung von Recyclingdaten auf Basis von Produktionsdaten. Für die Entwicklung des PRPS-Datenmodells in Kapitel 4 werden zunächst PPS und RPS auf strukturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht. Die Modellierung des PRPS-Datenmodells erfolgt mit Diagrammen, die auf einer erweiterten Entity-Relationship-Notation basieren.

Die in Kapitel 3 vorgestellten Bausteine und die in Kapitel 4 herausgearbeiteten Erweiterungen des Datenmodells bilden dann die Grundlage für eine detaillierte Beschreibung der PRPS-Funktionen in den Kapiteln 5 bis 7.

1) Vgl. Adam (1988b).

Eine Erweiterung der Datenstruktur hat, insbesondere wenn das Beziehungsgeflecht zwischen Entitäten komplexer wird, erhebliche Auswirkungen auf die Datenverwaltung und damit auch auf die Gestaltung der Benutzerschnittstelle. Daher werden in Kapitel 5 Konzepte zur Stammdatenverwaltung und Benutzerschnittstellenverwaltung ausführlich behandelt.

Während in den Kapiteln 4 und 5 die Informationsversorgung im Vordergrund steht, werden in Kapitel 6 Konzepte für die Materialwirtschaft in der Produktion vorgestellt, bei denen der Rückfluß von Sekundärgütern aus dem Recycling berücksichtigt wird.

Aus Sicht der Zeitwirtschaft ist es prinzipiell nicht relevant, ob in Produktionsprozessen Primär- oder Sekundärgüter (bei vergleichbarer Qualität) verwendet werden, da weder Kapazitätsplanung noch Terminierung hiervon abhängig sind. Für den Sonderfall, bei dem Produktions- und Recyclingprozesse direkt ineinandergreifen, d.h. in direkter zeitlicher Abhängigkeit zueinander stehen, sind recyclinginduzierte Modifikationen der Terminierung erforderlich. Durch die Integration von Produktions- und Recyclingprozessen sind Verfahren für die Terminierung zyklischer Prozesse erforderlich. Diese Modifikationen werden in Kapitel 7 behandelt.

Kapitel 8 mit einer Zusammenfassung und Ausblick schließt das Buch ab.

Bezogen auf die Sichten des Fachkonzepts gilt, daß Kapitel 4 die Daten- und die Kapitel 5 bis 7 die Funktionssicht abdecken. Die Steuerungssicht, in der die Beziehungen zwischen Daten, Funktionen und Organisation dargestellt werden, wird implizit im Rahmen der Funktionsspezifikation dargestellt. Auf die Darstellung der Organisationssicht wird verzichtet, da sie für die *operative* PRPS nur begrenzt relevant ist und stark von unternehmensindividuellen Gegebenheiten abhängt. Es sei hier z.B. auf die Organisationsmodelle von Scheer verwiesen¹⁾.

Abbildung 1.2-1 zeigt anhand der ARIS-Architektur, wie die in dieser Arbeit vorzustellenden Konzepte in den Kontext der Konzeption und Implementierung integrierter Informationssysteme einzuordnen sind.

Die Beschreibung der Prozeßmodelle in Kapitel 3 erfolgt mit Hilfe von Petri-Netzen. Beschreibungsmittel für die Datenmodelle sind Entity-Relationship-Diagramme (ER-Diagramme). Für die Spezifikation komplexer Algorithmen in den Kapiteln 4 bis 7 werden vereinfachte Struktogramme (Nassi-Shneiderman-Diagramme) verwendet. Im Anhang werden alle für das Verständnis von Petri-Netz-basierten Modellen, ER-Diagrammen und Struktogrammen notwendigen Definitionen kurz zusammengefaßt.

1) Vgl. Scheer (1994), S. 169 f., S. 183 und S. 257.

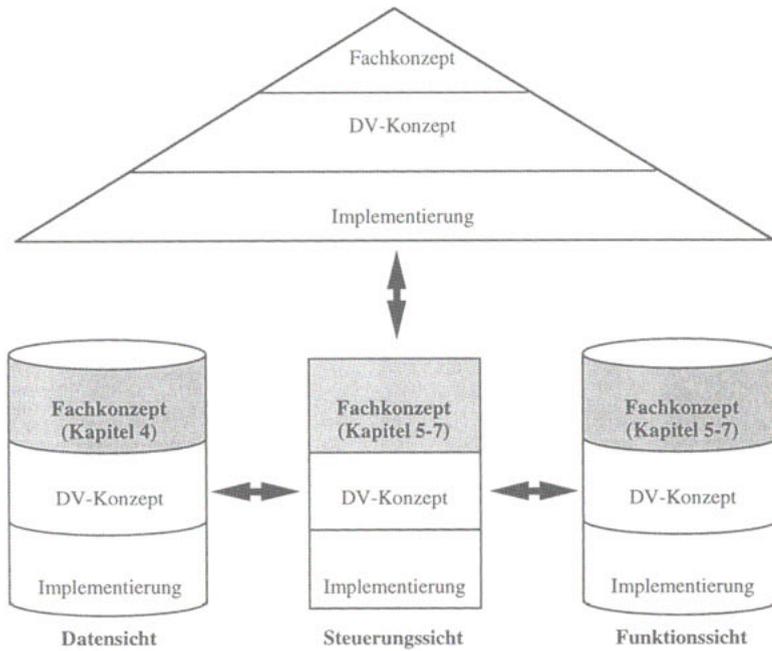


Abb. 1.2-1: Einordnung der Kapitel 5 und 6 in die ARIS-Architektur

2 Industrielle Produktion und Recycling

Dieses Kapitel beginnt mit einer kurzen Darstellung zum Stand der Technik bei PPS-Systemen. Das Gewicht liegt auf denjenigen Konzepten von PPS-Systemen, die für die Erweiterung bzw. Modifikation zu PRPS-Systemen relevant ist. Danach wird auf die betriebswirtschaftlichen Grundlagen des Recycling und der Recyclingplanung eingegangen und ein Grobkonzept für die Integration von Produktions- und Recyclingplanung und -steuerung vorgestellt. Den Abschluß des Kapitels bildet die Formulierung des ökonomischen Zielsystems.

2.1 Produktionsplanung und -steuerung und PPS-Systeme

Die planerische Seite der Produktion ist Gegenstand der Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Da dieser Bereich bereits seit vielen Jahren Gegenstand der Forschung in der Betriebswirtschaftslehre, der Wirtschaftsinformatik und den Ingenieurwissenschaften ist¹⁾, wird er hier nur kurz aus Sicht der *Wirtschaftsinformatik* behandelt.

2.1.1 PPS-Systeme aus Sicht der Wirtschaftsinformatik

In der Wirtschaftsinformatik liegt der Schwerpunkt auf der Konzeption, Realisierung und Verbesserung von *computergestützten PPS-Systemen*, während in der Betriebswirtschaftslehre Modelle und Methoden zur Erreichung betriebswirtschaftlicher Ziele im Vordergrund stehen. Diese betriebswirtschaftlichen Planungsmodelle sind für die Entwicklung von PPS-Systemen eine wesentliche Grundlage, obwohl letztendlich nur wenige Partialmodelle in PPS-Systemen implementiert wurden²⁾. Der Grund hierfür ist, daß sich Partialmodelle „entweder aufgrund der restriktiven Prämissen oder des ebenfalls nicht handhabbaren Rechenaufwands als wenig brauchbar erwiesen“³⁾, was

1) Vgl. z.B. Glaser u.a. (1993); Hackstein (1989); Kernler (1994); Kurbel (1995); Mertens (1993); Scheer (1994) u.v.a.m.

2) Z.B. einige Losbildungsverfahren, vgl. Rautenstrauch (1992), S. 10 ff.

3) Kurbel (1995), S. 45.

insbesondere auch für Simultanmodelle gilt. In der Praxis muß beim konkreten Einsatz von PPS-Systemen dem Paradigma der Optimierung die Planbarkeit mit Hilfe computergestützter Informationssysteme weichen. Daraus ergibt sich, daß PPS-Systeme in Teilbereichen aus betriebswirtschaftlicher Sicht unvollkommene und unbefriedigende Lösungen anbieten.

„Ein PPS-System ist ein Softwaresystem, welches zur *operativen* Planung und Steuerung des Produktionsgeschehens in einem Industriebetrieb eingesetzt wird.“¹⁾ Konzepte für PPS-Systeme aus der Wirtschaftsinformatik werden mit Blick auf eine informationstechnische Realisierung entwickelt. Hier liegt der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der operativen Durchgängigkeit der Systeme, der Entwicklung umfassender Datenverwaltungskonzeptionen und der Integration von PPS-Systemen mit anderen betrieblichen Anwendungssystemen²⁾.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, daß PPS-Systeme den Bereich der *operativen* Produktionsplanung, nicht jedoch den Bereich der strategischen Produktionsplanung abdecken. Fragen der Standortwahl, Investitionsentscheidungen oder die strategische Produktionsprogrammplanung werden daher nicht durch PPS-Systeme unterstützt. Grundlage für diese Arbeit sind Konzepte von PPS-Systemen und nicht Konzepte zur Produktionsplanung aus der Produktionswirtschaft. Weiterhin werden PPS-Systeme hier aus Sicht der *operativen* und nicht der strategischen Planung behandelt.

2.1.2 Das ökonomische Zielsystem der PPS

Betrachtet man einen Industriebetrieb als künstlich geschaffenes sozio-technisches System, so ist die Produktionsplanung und -steuerung ein Subsystem von zentraler Bedeutung, das Schnittstellen zu den kaufmännisch-dispositiven Bereichen Personal, Rechnungswesen, Beschaffungswesen und Absatz als auch zu den technischen Bereichen Forschung und Entwicklung, Arbeitsplanung, Qualitätssicherung und Produktion hat (siehe Abbildung 2.1.2-1). Ziele und Zwecke dieses Systems sind den Unternehmenszielen und -zwecken untergeordnet bzw. leiten sich aus diesen ab. Auch wenn in unternehmerischen Zielsystemen verschiedene Formal- und Sachziele vereinigt sein können, gilt für unternehmerisches Handeln grundsätzlich das erwerbswirtschaftliche Prinzip. Bei gegebener Leistungsmenge ist dieses auf das Wirtschaftlichkeitsprinzip zurückzuführen, d.h., das Leistungsprogramm ist mit möglichst niedrigen Kosten durchzuführen.

1) Kurbel (1988), S. 948.

2) Vgl. Scheer (1992), S. 38.

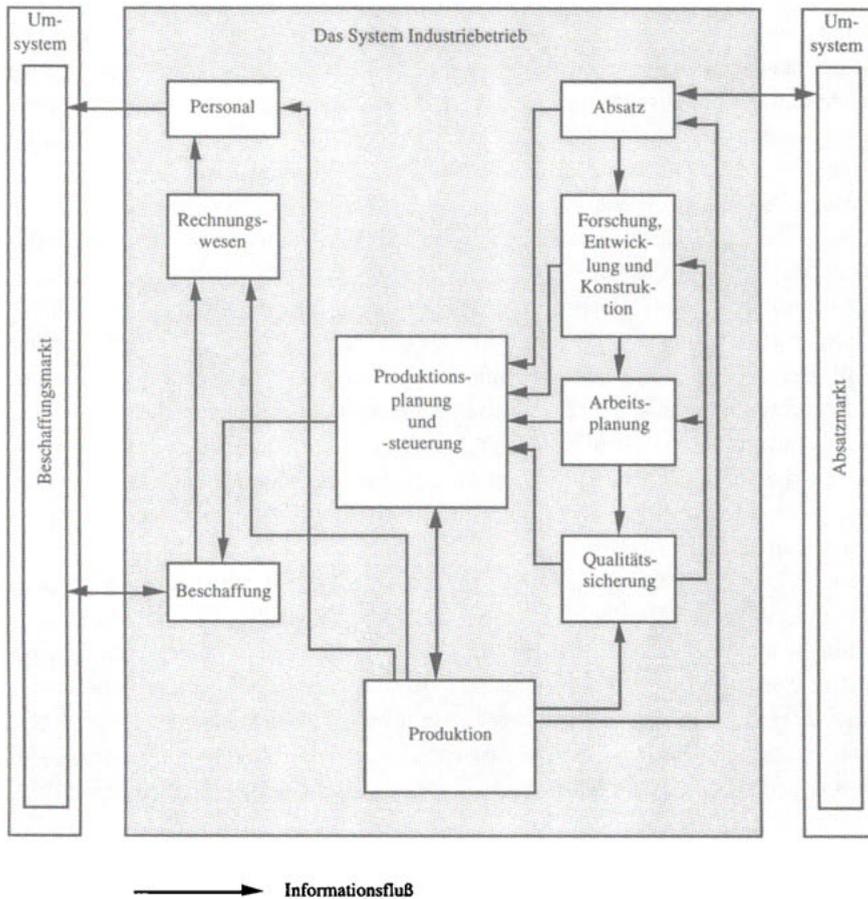


Abb. 2.1.2-1: Produktionsplanung und -steuerung als Subsystem des Industriebetriebs¹⁾

Die Produktionsplanung und -steuerung beeinflusst sowohl die Kostenseite als auch die Seite der Leistung (und damit die Erlöse). Auf die Erlöse kann z.B. durch die Erhöhung der Termintreue, Lieferbereitschaft, Flexibilität und Planungssicherheit sowie die Reduzierung von Fehlmengen Einfluß genommen werden. Weiterhin kann durch die Art der Maschinenbelegungsplanung auf die Leistung Einfluß genommen werden. Erfolgt z.B. die Maschinenbelegungsplanung in der Form, daß Maschinen durch Arbeitsgänge zum Periodenende hin eng belegt werden und die Belegung zum Perioden-

1) Vgl. Kurrle (1988), S. 33.

anfang hin Lücken aufweist, dann verringern sich mit fortschreitender Zeitdauer die Möglichkeiten, weitere Arbeitsgänge nachträglich einzuplanen, obwohl über die gesamte Periode prinzipiell hinreichend Kapazität verfügbar gewesen ist. Mit einer solchen Planung werden Möglichkeiten zur Outputerhöhung verbaut. Auf der anderen Seite erlaubt eine solche Planung die nachträgliche Einplanung kurzfristig durchzuführender „Chefaufträge“. Wie weit die Art der Maschinenbelegungsplanung auf die Erlössituation wirkt, hängt letztendlich von der konkreten Situation des Produktionsbetriebs ab.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß die Erlösseite trotz ihrer Relevanz für die PPS weder in der Literatur zu PPS-Systemen, noch in den Systemen selbst berücksichtigt wird. Auf der Kostenseite liegt die Aufgabe der PPS in der Reduzierung der Produktionskosten. Im Rahmen der operativen PPS sind dabei eine Reihe von Kosten bereits durch strategische Vorgaben festgelegt. Die Kosten, die durch Maßnahmen der Planung und Steuerung beeinflusst werden können, sind die entscheidungsrelevanten Kosten¹⁾. Zentral sind dabei Lagerkosten sowie Kosten ablaufbedingter Stillstandszeiten von Maschinen.

Die Planung und Steuerung auf Basis von Erlösen und entscheidungsrelevanten Kosten ist in der Regel jedoch nicht möglich, da die notwendigen Erlös- und Kosteninformationen zum Zeitpunkt der Planung nicht zur Verfügung stehen oder nicht bestimmbar sind²⁾. Daher werden anstelle von Kostenzielen in PPS-Systemen häufig Ersatzziele verfolgt, die nachweislich oder vermutlich der Kostenreduzierung oder Erlösverbesserung dienen. Die Liste der Ersatzziele wird in der Literatur in unterschiedlichen Ausprägungen dargestellt³⁾. In den zitierten Quellen werden z.B. folgende PPS-Ziele genannt⁴⁾:

- hohe Termintreue,
- hohe und gleichmäßige Kapazitätsauslastung,
- kurze Durchlaufzeiten,
- geringe Lagerbestände,
- geringe Werkstattbestände,
- hohe Auskunftsbereitschaft,
- geringe Beschaffungskosten,
- hohe Materialverfügbarkeit,
- Reduzierung der Wartezeiten (Liegezeiten),

1) Vgl. z.B. Hummel, Männel (1986), S. 116.

2) Vgl. Zäpfel (1982).

3) Vgl. z.B. Adam (1990), S. 725 f.; Kernler (1994), S. 16; Kurbel (1995), S. 20.

4) Die Liste stellt lediglich eine Aufzählung der in den Literaturquellen angegebenen Ziele dar, d.h. Redundanzen und Zielbeziehungen sind hier nicht berücksichtigt.