UNIVERSITÄT AUGSBURG
Universitätsbibliothek

OPEN ACCESS
OPUS AUGSBURG

Konzeption eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands

Stephan Franke, Axel Tuma, Torsten Kriwald, Hans-Dietrich Haasis

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Franke, Stephan, Axel Tuma, Torsten Kriwald, and Hans-Dietrich Haasis. 1998. “Konzeption eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands.” In *Werkzeuge für die Modellierung und Simulation im Umweltbereich : 8. Workshop, 1998, Witzenhausen*, edited by Rolf Grützner and Joachim Benz, 179–90. Marburg: Metropolis-Verlag.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:
Deutsches Urheberrecht
Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:
https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/

Konzeption eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands

Stephan Franke, Axel Tuma, Torsten Kriwald und Hans-Dietrich Haasis[1]

Abstract

Zur Umsetzung eines integrierten Umweltschutzes ist es von herausragender Bedeutung, Stoff- und Energieströme so zu steuern bzw. aufeinander abzustimmen, daß unter Berücksichtigung von technischen Rahmenparametern vor- und nachgeschalteter Produktionsstufen zur Verfügung stehende Ressourcen möglichst effizient genutzt und durch den Produktionsprozeß entstehende Emissionen aller Art, soweit dies technisch möglich ist, vermieden bzw. vermindert werden (Haasis 1996, Tuma 1994, Wagner 1997). Diese Zielsetzung korrespondiert mit einer auch die Wettbewerbsposition stärkenden Umsetzung von Ansätzen einer nachhaltigen Entwicklung in Unternehmen.

In derzeit eingesetzten Produktionsleitständen werden i. allg. nur betriebswirtschaftliche Zielsetzungen berücksichtigt (Stadtler/Wilhelm/Becker 1995). Notwendig erscheint daher eine Entwicklung umweltschutzorientierter Produktionsleitstände. Aufgaben solcher Systeme sind insbesondere die Terminierung der Produktionsaufträge, die Auswahl der einzusetzenden Produktionsverfahren sowie die Festlegung der Betriebsweise der einzelnen Aggregate unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher und umweltschutzorientierter Kriterien.

1 Der Leitstand als Instrument zur Umsetzung eines effizienten Umweltschutzes

Eine Umsetzung unternehmensbezogener Umweltleitlinien impliziert nicht nur die Bereitstellung technischer Möglichkeiten zur Vermeidung oder zumindest Verminderung der vom Betrieb ausgehenden Umweltbelastungen, vielmehr ist auch Hilfestellung geboten bei der Entscheidungsvorbereitung und -realisierung im Bereich des strategischen und operativen Managements (Haasis 1996). Erste Ansätze einer methodischen Weiterentwicklung finden sich etwa in (Inderfurth 1998, Richter

[1] Universität Bremen, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre, Postfach 330440, 28334 Bremen, email: sfanke@uni-bremen.de

1996, Van der Laan/Salomon/Van Wassenhove 1996). Innovationen im Umweltschutz ergeben sich damit sowohl im Bereich der Verbesserung der technischen Effizienz als auch im Bereich der Verbesserung der organisatorischen Effizienz. Aus techno-ökonomischer Sicht ist eine getrennte Betrachtung organisatorischer und technischer Maßnahmen allein nicht ausreichend. Vielmehr sind Effizienzsteigerungspotentiale durch Verknüpfung entsprechender Maßnahmenbündel zu identifizieren und umzusetzen.

So erfordert die Ausschöpfung technischer Potentiale häufig die Durchführung entsprechender organisatorischer Maßnahmen. Beispielsweise wird ein effizienter Betrieb einer Neutralisationsanlage etwa erst durch eine entsprechende Abstimmung saurer und alkalischer Abwasserströme vorgelagerter Produktionsstufen ermöglicht. Dies wiederum erfordert den Einsatz geeigneter Mechanismen zur Abstimmung von Stoffströmen im Rahmen einer umweltschutzorientierten Produktionssteuerung. Andererseits bedingt die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen häufig den Einsatz entsprechender technischer Systeme. So erfordert eine Stoff- und Energiebilanzierung, etwa im Rahmen eines Öko-Audits, den Einsatz entsprechender Meß- und Sensortechnik im Rahmen der Betriebsdatenerfassung. Für derartige Aufgaben im Schnittfeld organisatorischer und technischer Maßnahmen sind Produktionsleitstände, die gerade die Verknüpfung von Produktionsplanung (organisatorische Ebene) und Realisierungsebene (technische Ebene) darstellen, prädestiniert (vgl. Abb. 1).

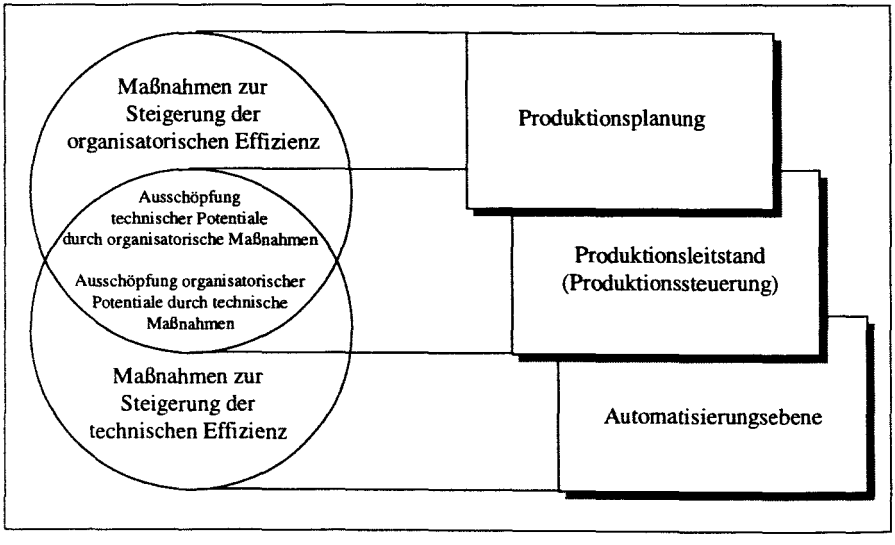

Abbildung 1
Produktionsleitstand als Instrument zur Umsetzung eines effizienten Umweltschutzes

2 Aufgabenmodell eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands

Zur Definition der Aufgaben bzw. Funktionen eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands ist es zunächst erforderlich, Entwicklungslinien des Aufgabenmodells konventioneller Produktionsleitstände zu analysieren. Darauf aufbauend sind die Ansatzpunkte zur Umsetzung eines effizienten Umweltschutzes auf Leitstandsebene zu identifizieren und entsprechende Erweiterungen des Aufgabenmodells vorzunehmen.

2.1 Entwicklungslinien konventioneller Produktionsleitstände

Zentrales Element klassischer Produktionsleitstände ist die Plantafel, etwa realisiert als Stecktafel. Diese dient zur Visualisierung des Fertigungsablaufs in Form eines Gantt-Diagramms. Hierbei werden einzelne Aufträge bzw. Teilaufträge oder Arbeitsgänge, symbolisiert durch Steckkarten bzw. Fertigungsdokumente, durch den Disponenten den Arbeitssystemen zeitlich zugeordnet. Dieser Vorgang wird auch als **Maschinenbelegung** oder **Auftragseinlastung** bezeichnet. Ziel der Einführung solcher Plantafeln für einzelne Fertigungsbereiche war die Erhöhung der Transparenz des Fertigungsfortschritts (Kurbel 1995).

Mit der Einführung elektronischer Produktionsleitstände wurde die Integration weiterer Kernfunktionen der Produktionssteuerung auf Leitstandsebene möglich. So wird durch eine Kopplung von Leitstands- und Automatisierungsebene (Betrtiebsdatenerfassung) die Voraussetzung für eine effiziente **Fertigungsfortschrittsüberwachung** auf Leitstandsebene geschaffen.

In neueren Konzepten von Produktionsleitständen kommt der Funktion der **Fertigungssicherung** eine zunehmende Bedeutung zu. Unter Fertigungssicherung versteht man sämtliche Maßnahmen zur Abwehr bzw. Beseitigung von Störungen im Fertigungsprozeß (Schweitzer 1990). Prinzipiell unterscheidet man in vorsorgende und nachsorgende Sicherungsmaßnahmen. Beispiele für vorsorgende Maßnahmen sind etwa das Bereithalten von Reservemaschinen, -personal und -material, vorsorgende Instandhaltungsmaßnahmen sowie die Berücksichtigung von Zeitreserven. Beispiele für nachsorgende Sicherungsmaßnahmen sind etwa die kurzfristige Abänderung von Arbeitsplänen bzw. Maschinenbelegungsplänen.

Von besonderem Interesse in diesem Zusammenhang ist das Konzept des „Entstörmanagements" bzw. des „Entstörleitstands" nach Wildemann (Wildemann 1997). Ziel hierbei ist es, die Umplanungshäufigkeit zu reduzieren, wobei der Entstörleitstand als Filter gegen die Produktionsplanung wirkt. Im Sinne einer nachsorgenden Fertigungssicherung umfaßt dies insbesondere auch zeitliche, quantitative und intensitätsmäßige Anpassungsmaßnahmen zur Sicherung der Einhaltung der Vorgaben übergeordneter Ebenen.

Die genannten Anpassungsmaßnahmen beziehen sich auf die Disposition des Kapazitätsangebotes, wobei intensitätsmäßige Anpassungsmaßnahmen kurzfristig, zeitliche und quantitative Anpassungsmaßnahmen mittelfristig orientiert sind. Neben Maßnahmen zur Anpassung des Kapazitätsangebots sind im Rahmen einer Kapazitätsdisposition auf Leitstandsebene ebenso Funktionen zur Anpassung der Kapazitätsnachfrage erforderlich. Im kurzfristigen Bereich wird dies durch die Funktion der Auftragseinlastung gewährleistet. Bezüglich der mittelfristigen Anpassung der Kapazitätsnachfrage wird die Funktion der **Auftragsfreigabe** in das Leitstandskonzept integriert. Unter Auftragsfreigabe versteht man eine mittelfristige kapazitätsorientierte Zuordnung von Auftragsvolumina zu Arbeitssystemen, die aufgrund zufallsbedingter Störungen des Produktionsprozesses rollierend durchzuführen ist.

Analysiert man die beschriebenen Leitstandsfunktionen, erkennt man, daß es sich hierbei um wiederkehrende Aufgaben auf operativer Ebene handelt. Damit kann der Produktionsleitstand nach der z.B. von Kern oder Kühlhorn vorgenommenen Abgrenzung zwischen Produktionsplanung und -steuerung als Instanz einer Produktionssteuerung interpretiert werden (Kern 1992, Kühlhorn 1954).
Eine entsprechendes Konzept eines Produktionsleitstands findet sich in dem in Abbildung 2 beschriebenen PPS-Ansatz. Hierbei wird auf Planungsebene das Produktionsprogramm festgelegt sowie im Sinne eines Projektmanagements der Materialbedarf bestimmt und Aufträge und Kapazitätsangebot grob aufeinander abgestimmt. Auf Leitstandsebene (Produktionsleitstand i.w.S.) wird auf Basis dieser Vorgaben ein detailliertes Arbeitsprogramm mit konkreten Einzelaufträgen, Terminen und Kapazitätsangaben bestimmt. Der Produktionsleitstand i.w.S. untergliedert sich hierbei in eine Koordinierungsebene sowie in Subsysteme zur Steuerung interner (Produktionsleitstand i.e.S.) und externer (Beschaffungsleitstand) Produktionseinheiten. Damit trägt dieses Konzept insbesondere auch den Anforderungen zukunftsorientierter Produktionsstrukturen (Produktionsnetzwerke) Rechnung.

Auf Koordinierungsebene findet im Rahmen einer mittelfristigen Disposition die kurzfristige Termin- und Kapazitätsplanung statt. Diese umfaßt die Aufgaben der Fertigungssicherung und der Auftragsfreigabe. Ziel der Fertigungssicherung ist die Gewährleistung der Einhaltung der Vorgaben der übergeordneten Planungsebene hinsichtlich Mengen, Terminen und Qualitätsanforderungen. Zu ergreifende Maßnahmen in diesem Zusammenhang beziehen sich auf die Anpassung des Kapazitätsangebots an die vorgegebene Kapazitätsnachfrage. Dies können zeitliche, intensitätsmäßige und quantitative Anpassungsmaßnahmen sein. Damit soll die Umplanhäufigkeit auf Ebene der Produktionsplanung so weit wie möglich reduziert werden. In diesem Zusammenhang entscheidet der Produktionsleitstand über die Aktivierung interner und externer Produktionseinheiten und bildet damit ein zentrales Element dynamischer Produktionsstrukturen. Weiter werden Vorgaben für die Steuerung interner und externer Produktionseinheiten (kurzfristige Entscheidungsebene) bezüglich der zu fahrenden Intensitäten der einzelnen Kapazitätseinheiten erstellt. Die

Auftragsfreigabe selektiert die innerhalb eines Planungshorizonts zu produzierenden Aufträge und ordnet sie in Abhängigkeit der Belastungssituation den externen und internen Produktionseinheiten zu.

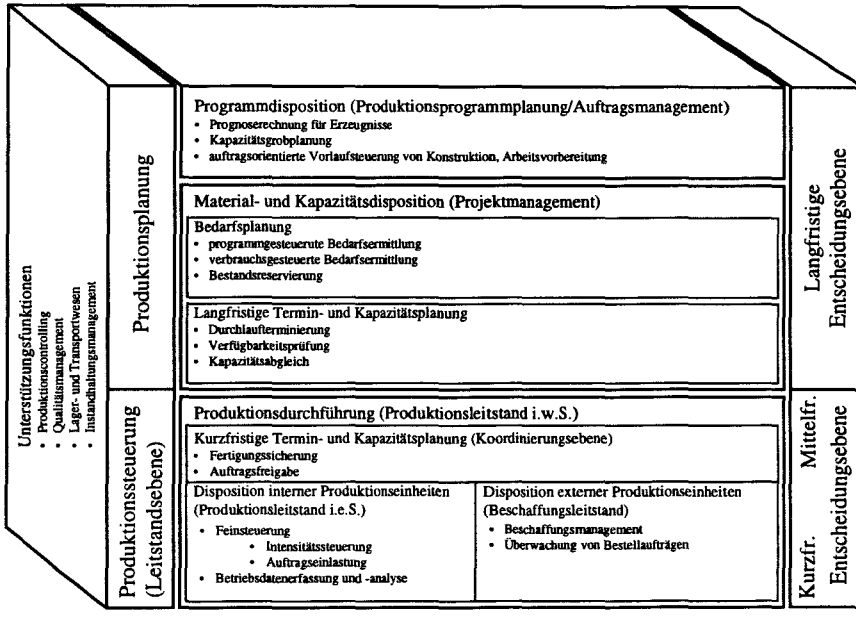

Abbildung 2
Aufgabenmodell eines Produktionsleitstands als Teil eines PPS-Ansatzes

Kurzfristige Entscheidungen werden auf Ebene des Beschaffungsleitstands und des Produktionsleitstands i.e.S. getroffen. Der Beschaffungsleitstand ist für die Abwicklung aller operativen Geschäftsvorgänge mit den Kooperationspartnern (z.B. Lieferanten, Entsorger, Outsourcingpartner, verbundene Unternehmen) zuständig. Wesentliche Aufgaben des Produktionsleitstands i.e.S. sind die Feinsteuerung, die Betriebsdatenerfassung (BDE) und -analyse sowie die Festlegung der Vorgaben für die Automatisierungsebene. Aufgaben der Feinsteuerung sind die Funktionen der Auftragseinlastung sowie der Intensitätssteuerung. Im Rahmen der Auftragseinlastung wird die zeitliche Zuordnung der Fertigungsaufträge bzw. Arbeitsgänge zu den Arbeitsplätzen und Aggregaten vorgenommen. Dies umfaßt insbesondere auch eine Auswahl der einzusetzenden Produktionsverfahren. Aufgabe der Intensitätssteuerung ist der Ausgleich zufallsbedingter Schwankungen bezüglich des Kapazitäts- und Ressourcenangebots.

2.2 Umweltschutzorientierte Erweiterung von Leitstandsfunktionen

Basierend auf dem skizzierten Aufgabenmodell eines Produktionsleitstands sind die Bereiche kurzfristige Termin- und Kapazitätsplanung (Koordinierungsebene), Disposition interner Produktionseinheiten (Produktionsleitstand i.e.S.) und Disposition externer Produktionseinheiten (Beschaffungsleitstand) hinsichtlich einer Erweiterung zur Erfüllung umweltschutzorientierter Zielsetzungen zu analysieren. Prinzipielle umweltschutzorientierte Zielsetzungen sind die Reduzierung des Ressourceneinsatzes und die Reduzierung der Ausbringung aller unerwünschten Kuppelprodukte (Emissionen) des Leistungserstellungsprozesses. Bezogen auf die Ansatzpunkte auf Leitstandsebene zur Erreichung dieser Zielsetzungen kann man eine produkt-, aggregat- und/oder auftragsbezogene Sichtweise der Entstehung bzw. Zurechnung von Emissionen bzw. Ressourcenverbräuchen einnehmen.

Während sich für den Beschaffungsleitstand eine produktorientierte Sichtweise empfiehlt, erscheint für die weiteren Leitstandsbereiche eine aggregatorientierte (Fertigungssicherung, Intensitätssteuerung) bzw. auftragsorientierte (Auftragsfreigabe, Auftragseinlastung) Betrachtungsweise zweckmäßig. Auf dieser Basis können die Teilbereiche eines Produktionsleitstands hinsichtlich einer umweltschutzorientierten Erweiterung analysiert werden. Auf Ebene der kurzfristigen Termin- und Kapazitätsplanung sind hierbei die Fertigungssicherung und die Auftragsfreigabe zu betrachten:

- *Fertigungssicherung*: Ziel der Fertigungssicherung aus umweltschutzorientierter Sicht ist die Vermeidung von Spitzen im Emissionsanfall und Ressourcenverbrauch durch eine Verstetigung der Produktion. Prinzipiell stehen der Fertigungssicherung zur Anpassung des Kapazitätsangebots zeitliche (Überstunden, Zusatzschichten) und/oder quantitative (Nutzung zusätzlicher externer Aufbereitungs- und Entsorgungskapazitäten) Maßnahmen zur Verfügung. Traditionell werden diese Maßnahmen in erster Linie unter dem Gesichtspunkt der Termintreue ausgewählt. Dies kann zu Belastungsspitzen in der Produktion und/oder zum Einsatz von Aggregaten mit spezifisch hohem Emissionsanfall und/oder Ressourcenverbrauch führen. Gerade aus umweltschutz- und qualitätsorientierter Sichtweise ist aber ein vorausschauender Einsatz der geschilderten Maßnahmen zur Vermeidung solcher Belastungsspitzen notwendig.
- *Auftragsfreigabe*: Ziel einer umweltschutzorientierten Auftragsfreigabe ist in Analogie zur Fertigungssicherung die Vermeidung von Spitzen im Emissionsanfall und Ressourcenverbrauch durch eine Verstetigung der Produktion. Dies hat durch eine emissions- und ressourcenorientierte Auftragsfreigabe zu geschehen, das heißt, daß in Abhängigkeit des Autonomiegrads des Leitstands auch Fertigungsaufträge an die übergeordneten Planungsinstanzen zurückverwiesen oder fremdvergeben werden können. Die im Rahmen der Auftragsfreigabe durchzuführende Verfügbarkeitsprüfung ermittelt, ob die benötigten Produktionsfaktoren in ausreichender Menge zum benötigten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Um ei-

ne umweltschutzorientierte Auftragsfreigabe zu ermöglichen ist hierbei etwa auch die Verfügbarkeit von

- Sekundärrohstoffen,
- umweltverträglichen Hilfs- und Betriebsstoffen,
- Kapazitäten von Aufbereitungs- und Entsorgungseinrichtungen bzw. von Lagerstätten für Abfallstoffe sowie von
- Personal mit entsprechender Qualifikation in den Bereichen Arbeitssicherheit und Umweltschutz

zu überprüfen.

Wesentliche Aufgaben des Produktionsleitstands i.e.S. sind die Feinsteuerung und die Betriebsdatenerfassung und -analyse. Ansatzpunkte für eine umweltschutzorientierte Erweiterung der Feinsteuerung betreffen die Aufgaben der Intensitätssteuerung und Auftragseinlastung.

- *Intensitätssteuerung*: Prinzipielles Ziel der Intensitätssteuerung aus umweltschutzorientierter Sicht ist eine emissions- bzw. ressourcenoptimale Fahrweise der einzelnen Aggregate. Zur Ermittlung eines geeigneten Betriebspunkts sind hierbei die in Abhängigkeit des Verschleißzustands und der Nutzungsintensität anfallenden Abfälle, Emissionen und Ressourcenverbräuche zu berücksichtigen. Dies kann der betriebswirtschaftlichen Zielsetzung der Intensitätssteuerung, dem Ausgleich von Schwankungen im Produktionsablauf, widersprechen.
- *Auftragseinlastung*: Umweltschutzorientierte Zielsetzungen bei dieser Funktion sind im wesentlichen die Reduzierung von Emissionen bzw. Ressourcenverbräuchen, die durch die Auftragsreihenfolge bedingt sind. Hierzu zählen beispielsweise Liege-, Umrüst- und Leerlaufemissionen als Folge einer ungenügenden zeitlichen Zuordnung der Fertigungsaufträge bzw. Arbeitsgänge zu den Arbeitsplätzen und Aggregaten sowie zusätzlicher Ressourcenbedarf durch eine mangelnde Abstimmung von Stoffströmen bei Neutralisationsprozessen.

Auf Ebene der Betriebsdatenerfassung und -analyse werden folgende umweltschutzorientierte Erweiterungen, die insbesondere auch Unterstützungsaufgaben betreffen, vorgesehen:

- *Arbeitsgangrückmeldung*: Neben der Fertigstellung der einzelnen Aufträge sind hier die mit dem Leistungserstellungsprozeß verbundenen Emissions-, Abwasser- und Abfallmengen zurückzumelden.
- *Qualitätssicherung*: Die Erweiterung der Funktionen der Qualitätssicherung bezieht sich auf die Gewährleistung der Einhaltung von Umweltnormen und umweltschutzrelevanten Betriebsvereinbarungen (DIN/ISO 14000 ff.).
- *Lagerbewegungen*: Ziel dieser Funktion ist neben der Erfassung der Bestände an Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffen und Produkten die Dokumentation der Rest-, Abfall- und Gefahrstoffe. Besonderer Überwachung bedürfen hierbei die Gefahrstoffläger.

- *Transportsteuerung*: Aufgabe der Transportsteuerung ist die Realisierung eines emissionseffizienten innerbetrieblichen Transports. Dies umfaßt eine entsprechende Transporteinsatz- und Routenplanung.
- *Instandhaltungssteuerung*: Aufgrund der Abhängigkeit des Ressourcenverbrauchs bzw. des Emissionsanfalls vom Zustand der Aggregate ist die Umsetzung einer entsprechenden Instandhaltungsplanung zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang sind auch die Umweltauswirkungen der Instandhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen.
- *Datenanalyse*: Besondere Bedeutung im Rahmen einer umweltschutzorientierten Erweiterung von Produktionsleitständen kommt der Datenanalyse zu. Eine ihrer Funktionen ist die Interpretation umweltrelevanter Daten (z.B. Ermittlung des Badzustandes von galvanischen Bädern basierend auf gemessenen Sensordaten). Damit schafft die Datenanalyse die Voraussetzungen für eine umweltschutzorientierte Auftragseinlastung, Intensitätssteuerung und Recycling- bzw. Entsorgungsplanung.

Der Beschaffungsleitstand ist für die operative Abwicklung aller Geschäftsvorgänge mit den Kooperationspartnern (z.B. Lieferanten, Entsorger, Outsourcingpartner, verbundene Unternehmen) zuständig. Aus umweltschutzorientierter Sichtweise ist hierbei insbesondere die Steuerung von externer Aufarbeitung sowie Entsorgung wichtig. Dies umfaßt etwa in Analogie zur Beschaffung die Auswahl der Entsorger, die endgültige Festlegung von Entsorgungsterminen und -chargen sowie die Überwachung der Entsorgungsaufträge.

3 Praxisbeispiel eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands

Das in Abbildung 2 dargestellte Aufgabenmodell eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands wird anhand eines Beispiels[2] aus der Fertigungsindustrie

[2] Hierbei handelt es sich um ein Projekt der Universität Bremen und der Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH (Werk Bremen), das im Rahmen des vom Projektträger Umwelttechnik des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 01 RK 9602 geförderten Verbundvorhabens OPUS (Organisationsmodelle und Informationssysteme für einen produktionsintegrierten Umweltschutz) durchgeführt wird. An diesem Verbundvorhaben sind neben der Universität Bremen das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart, das Forschungsinstitut für Rationalisierung (fir) an der RWTH Aachen, das Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen und das Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen beteiligt. Neben der Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH sind als weitere Industriepartner im Rahmen von OPUS die Unternehmen Battenfeld GmbH, Deutsche Castrol Industrieöl GmbH, Philips GmbH, Schott Glaswerke Mainz, Trumpf GmbH & Co.und infor GmbH beteiligt.

(Flugzeugbau) validiert. Exemplarisch wird hierbei der Bereich Oberflächenbeschichtung dargestellt. Das betrachtete Produktionssystem besteht aus einer Galvanik, einer Lackiererei sowie einer Anlage zur Behandlung der Abwasserfrachten (Entgiftungs- und Neutralisationsanlage). Vor der Galvanisierung werden in einem Kommissionierbereich die einzelnen Werkstücke, die sich u.a. in Form und Größe unterscheiden, zu Losen zusammengestellt und auf einem Werkstückträger angebracht. Im Anschluß an die Galvanisierung werden die Werkstückträger entkommissioniert und die Werkstücke vor der Lackiererei zu neuen Losen zusammengefaßt. Die Galvanik besteht aus einem Bereich zur Bearbeitung von Aluminiumwerkstükken und einem weiteren Bereich zur Behandlung von Stahl-, Edelstahl- und Titanwerkstücken, in denen jeweils unterschiedliche Beschichtungsverfahren eingesetzt werden. In beiden Bereichen der Galvanik fallen sowohl saure als auch alkalische Abwasserfrachten an, die in der Entgiftungs- und Neutralisationsanlage (ENA) behandelt werden. Eine Systemanalyse dieses Produktionssystems ergibt folgende Ansatzpunkte für einen umweltschutzorientierten Produktionsleitstand:

- *Reduktion des Energiebedarfs durch Deaktivierung redundanter Bäder*: Die verschiedenen Verfahren der Aluminium-Galvanik nutzen teilweise die gleichen Vorbehandlungsverfahren (z.B. geheizte alkalische Entfettungsbäder sowie saure Beizbäder). Diese werden für jedes Beschichtungsverfahren getrennt vorgehalten. Aufgrund der vergleichsweise kurzen Prozeßzeiten im Bereich der Werkstückvorbehandlung laufen diese Bäder häufig in heißer Redundanz. Durch eine gemeinsame Nutzung dieser Bäder kann der Energiebedarf des Produktionssystems signifikant reduziert werden. Dies kann jedoch zu einer Engpaßsituation in der Galvanik führen, die durch entsprechende Produktionssteuerungsmaßnahmen entschärft werden muß.
- *Verminderung des Einsatzes von Fremdchemikalien zur Neutralisation*: Durch eine entsprechende Abstimmung der sauren und alkalischen Abwasserfrachten der einzelnen Bäder kann der Einsatz von Fremdchemikalien (z.B. HCl) in der ENA reduziert werden.
- *Reduktion von Umrüstemissionen*: Durch eine ungünstige Reihenfolge der Aufträge in der Lackiererei kann es zu vermeidbaren Farbwechseln und damit verbundenen Lösemittelemissionen aufgrund von Umrüstvorgängen kommen.
- *Verlängerung der Standzeit der Bäder*: Eine Verlängerung der Standzeit mit dem Ziel einer Verringerung des Abwasser- und Abfallaufkommens erfordert die Berücksichtigung variabler Prozeßzeiten und damit eine Fahrweise bei sich im Zeitverlauf ändernden Intensitäten.

In Tabelle 1 wird dargestellt, welche Leitstandsaufgaben beim beschriebenen Praxisbeispiel aus umweltschutzorientierter Sicht besonders betroffen sind:

- Die im beschriebenen Praxisbeispiel angestrebte *Reduktion des Energiebedarfs* kann durch eine Überführung von Bädern von heißer in kalte Redundanz erreicht werden. Dies impliziert eine Erhöhung der Anforderungen an die Fertigungssi-

cherung. So ist bei auftretenden Engpässen zusätzlich zu entscheiden, ob die entsprechenden Bäder wieder angefahren (aufgeheizt) werden oder andere, etwa zeitliche Anpassungsmaßnahmen durchzuführen sind. Wenn eine Anpassung des Kapazitätsangebots im Rahmen der Fertigungssicherung nicht ausreicht oder aus umweltschutzorientierten Gründen nicht empfehlenswert scheint, ist im Rahmen der Auftragsfreigabe zu entscheiden, wie der von der übergeordneten Planungsebene vorgegebene Auftragsbestand der verfügbaren Fertigungskapazität angepaßt wird. Auf kurzfristiger Ebene muß die Auftragseinlastung eine hohe Auslastung der Engpaßbäder gewährleisten.

- Eine *Verminderung des Einsatzes von Fremdchemikalien zur Neutralisation* erfordert eine Abstimmung saurer und alkalischer Abwässer durch Festlegung eines geeigneten Auftragsmix. Dies betrifft auf mittelfristiger Sicht die Funktion der Auftragsfreigabe sowie auf kurzfristiger Ebene die Funktion der Auftragseinlastung.
- Die *Reduktion von Umrüstemissionen* erfordert eine entsprechende Auftragsreihenfolge. Hierzu ist mittelfristig ein entsprechendes Auftragsmix freizugeben, kurzfristig eine umrüstorientierte Einlastung der Aufträge bzw. Arbeitsgänge vorzunehmen.
- Die *Verlängerung der Standzeit der Bäder* erfordert den Betrieb der Bäder bei variablen Prozeßzeiten. Dies stellt eine erhöhte Anforderung an die Funktion der Intensitätssteuerung im Rahmen der Feinsteuerung dar.

	Fertigungs-sicherung	Auftrags-freigabe	Intensitäts-steuerung	Auftrags-einlastung
Reduktion des Energiebedarfs durch Deaktivierung redundanter Bäder	•	•		•
Verminderung des Einsatzes von Fremdchemikalien zur Neutralisation		•		•
Reduktion von Umrüstemissionen		•		•
Verlängerung der Standzeit der Bäder			•	

Tabelle 1
Exemplarische Verknüpfung von umweltschutzorientierten Ansatzpunkten und Aufgabenmodell

Eine detaillierte Darstellung zur Operationalisierung der skizzierten Aufgaben eines umweltschutzorientierten Produktionsleitstands findet sich in (Franke/Tuma/ Haasis 1998, Haasis/Tuma/Franke 1997, Haasis 1998, Tuma 1994).

Literaturverzeichnis

Franke, St., Tuma, A., Haasis, H.-D. (1998): Entwicklung umweltschutzorientierter Produktionsleitstände auf Basis eines belastungsorientierten Kaskadenreglers, in: Bullinger, H.-J. et al. (Hrsg.): Betriebliche Umweltinformationssysteme in Produktion und Logistik, S. 153-169, Marburg.

Haasis, H.-D. (1996): Betriebliche Umweltökonomie, Bewerten - Optimieren - Entscheiden, Berlin et al.

Haasis, H.-D., Tuma, A., Franke, St. (1997): Anforderungen an umweltschutzorientierte Produktionsleitstände, in: Bullinger H.-J. (Hrsg.): Anforderungen an Methoden und Systeme für eine umweltorientierte Auftragsabwicklung, S. 129-149, Stuttgart.

Haasis, H.-D. (1998): Umweltorientierte Produktionsplanung und –steuerung (UPPS), in: Wildemann, H. (Hrsg.): Innovationen in der Produktionswirtschaft - Produkte, Prozesse, Planung und Steuerung, München, erscheint 1998.

Inderfurth, K. (1998): Neuere Ansätze zur Produktionsplanung und -steuerung unter Einbeziehung von Recycling, in: Kischka, P. et al. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 1997, S. 446-455, Berlin, Heidelberg.

Kern, W. (1992): Industrielle Produktionswirtschaft, Stuttgart.

Kühlhorn, H. (1954): Fertigungsplanung - Fertigungssteuerung, Sonderdruck aus Industrie-Anzeiger, Nr. 104/105, Essen.

Kurbel, K., (1995): Produktionsplanung und -steuerung, München.

Richter, K. (1996): Modellierung von kombinierten Wiederverwendungs- und Entsorgungsprozessen, in: Wildemann, H. (Hrsg.): Produktions- und Zuliefernetzwerke, S. 279-291, München.

Schweitzer, M. (1990): Industriebetriebslehre, München.

Stadtler, H., Wilhelm, St., Becker, M. (1995): Entwicklung des Einsatzes von Fertigungsleitständen in der Industrie, in: Management & Computer 3(1995)4, S. 253-266.

Tuma, A. (1994): Entwicklung emissionsorientierter Methoden zur Abstimmung von Stoff- und Energieströmen auf der Basis von fuzzyfizierten Expertensystemen, Neuronalen Netzen und Neuro-Fuzzy-Ansätzen - dargestellt am Anwendungsbeispiel der Produktionssteuerung in einer Färberei der Textilindustrie, Frankfurt am Main.

Van der Laan, E., Salomon, M., Van Wassenhove, L. (1996): Production planning and inventory control in hybrid systems with remanufacturing, Management Report Series 272, Rotterdam.

Wagner, G. R. (1997): Betriebswirtschaftliche Umweltökonomie, Stuttgart.

Wildemann, H. (1997): Logistik Prozeßmanagement, München.