

# **Umweltgerechte Produktion durch eine kontinuierliche Optimierung der Planungsparameter und umweltorientierte Erweiterung der Planungsfunktionalitäten**

Ingo Aghte<sup>1</sup>, Uwe Rey<sup>2</sup>

## **Abstract**

Eine umweltgerechte Unternehmenstätigkeit bedarf der organisatorischen Verankerung der ökologisch motivierten Entscheidungsfindung im Rahmen der über- und innerbetrieblichen Auftragsabwicklungskette sowie deren Unterstützung durch geeignete Informationssysteme. Die Arbeitsplanung kann einen Beitrag durch die Bereitstellung stets aktueller, umweltorientierter und alternativ gestalteter Arbeitspläne leisten. Basierend darauf wird die Produktionsplanung und -steuerung eine umweltgerechte Auftragseinstellung durch eine Erweiterung deren Planungsfunktionalitäten ermöglichen. Ziel muß es sein, durch eine modulare Kopplung bzw. Integration der einzelnen Anwendungen in den genannten und in anderen Produktionsbereichen, eine möglichst einheitliche informationstechnische Infrastruktur zu schaffen, um eine ökoeffiziente Auftragsabwicklung gewährleisten zu können.

## **1 Einleitung**

Produktionsintegrierter Umweltschutz kann nicht allein durch den Einsatz umwelt- und ressourcenschonender Produktionstechnologien verwirklicht werden. Die inner- und überbetriebliche Auftragsabwicklung bietet schon im Vorfeld der eigentlichen Produktion erhebliche Potentiale, den Ressourcenverzehr und die Belastung der natürlichen Umwelt zu verringern. Moderne Industrieunternehmen stützen ihre Auftragsabwicklung auf Informationssysteme, die es ermöglichen, das hohe Datenvolumen und die große Anzahl durchzuführender Arbeitsschritte effizient zu bewältigen (Bullinger 1998a, 11).

---

<sup>1</sup> Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH, Pontdriesch 14/16, 52062 Aachen

<sup>2</sup> Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

## Modularer OPUS-Lösungsansatz

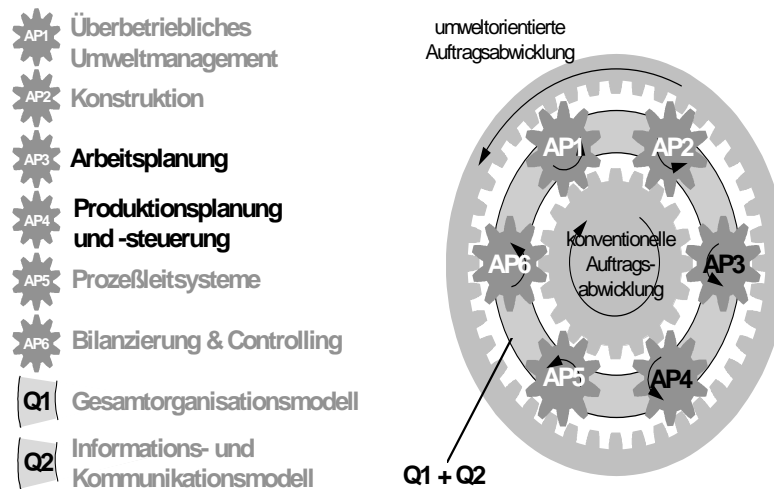


Abbildung 1  
Gesamtlösungskonzept OPUS

Eine Integration von Umweltschutzaufgaben in die Auftragsabwicklung zieht daher neben der Notwendigkeit der organisatorischen Einbindung auch eine informations-technische Integration mit sich. Genau diese Zielsetzung verfolgt das vom BMBF über den Projektträger Umweltschutz geförderte Projekt OPUS („Organisationsmodelle und Informationssysteme für den produktionsintegrierten Umweltschutz,“). Es handelt sich dabei um ein Verbundvorhaben am IAT, Universität Stuttgart, FIR an der RWTH Aachen, Fraunhofer IPT, Aachen, WZL der RWTH Aachen und Universität Bremen, FB 7 (Projektträger Umwelttechnik des BMBF, Förderkennzeichen 01 RK 9602).

Abbildung 1 verdeutlicht das modulare Gesamtkonzept in OPUS. Auslösendes Element stellt dabei die in den Unternehmen existierende Auftragsabwicklung dar. Diese kann durch das Hinzufügen von OPUS-Modulen umweltorientiert gestaltet und unterstützt werden.

Im Rahmen der Arbeiten des IAT und des FIR wurden Modelle und Lösungsansätze für eine Arbeitsplanung und eine Produktionsplanung und -steuerung unter zusätzlicher Berücksichtigung von Umweltschutzaspekten erarbeitet, die im Gesamtlösungsansatz des Projektes integriert sind. Im folgenden sollen einzelne Aspekte dieser Ergebnisse aus informationstechnischer Sicht vorgestellt werden.

## **2 Umweltorientierte Arbeitsplanung**

### **2.1 Konventionelle Arbeitsplanung**

Die Funktion der Arbeitsplanung liegt nach den Definitionen von AWF (AWF 1985) und REFA (REFA 1975) in der Durchführung aller einmalig auftretenden Planungsmaßnahmen, welche unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit die fertigungsgerechte Gestaltung des Erzeugnisses oder die ablaufgerechte Ausführung einer Dienstleistung sichert.

Durch die zentrale Stellung der Arbeitsplanung zwischen Konstruktion und Fertigung im Rahmen der Auftragsabwicklungskette wird deren koordinierende Bedeutung durch die Übertragung der Konstruktionsergebnisse in fertigungsgerechte Anweisungen der Werkstücke deutlich (Nebf 1996, 198).

### **2.2 Stellung der Arbeitsplanung in der Auftragsabwicklung**

Die Schnittstelle zwischen Konstruktion und Arbeitsplanung beschränkt sich auf den Austausch von CAD-Daten, Zeichnungen und Stücklisten, da die Werkzeuge zur informationstechnischen Unterstützung in der Konstruktion meist so ausgelegt sind, daß sie der Zeichnungs- und Modellerstellung dienen. Den in Form von geometrischen Komponenten gespeicherten Modellen fehlt jedoch gewöhnlich der logische Zusammenhang, der das Erkennen fertigungstechnischer Elemente, und somit eine direkte Weiterbearbeitung in der Arbeitsplanung ermöglichen würde. Dort müssen semantische Informationen vom Arbeitsplaner erarbeitet werden.

„Da der Arbeitsplan die Datenbasis für alle Funktionen darstellt, die die zeitliche Abwicklung des Auftrags in der Fertigung betreffen, (Baum/Zahn 1996, 105), ist dieser für die Schnittstelle zwischen Arbeitsplanung und Produktionsplanung und -steuerung (PPS) von spezieller Relevanz. Eine gemeinsame Datenbasis ist insbesondere auch von Bedeutung, da beim Planungsprozeß auf Stammdaten, auch solche mit Umweltrelevanz (z.B. Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen u.a.), zurückgegriffen wird, die oft im Bereich der PPS verwaltet werden.

### **2.3 Arbeitsplanerstellung**

Bei der Erstellung von Arbeitsplänen liegt die Aufgabe der Arbeitsplanung darin, die auf Wiederholung angelegte, systematische Bildung von Kombinationen von Produktionsfaktoren mittels technischer und konzeptioneller Verfahren zur Realisierung eines bestimmten Sachziels in Arbeitsplänen zu definieren (Zahn/Schmid 1996, 66). Diese bilden die Grundlage für die Erstellung der auftragsabhängigen Arbeitspapiere.

#### **2.3.1 Generierung umweltorientierter Arbeitspläne**

Statisch planende Verfahren werden zwar aufgrund der vorausschauenden Sichtweise eher eine optimale Lösung ermitteln können als dynamisch entscheidende, sind sie jedoch nicht instande, auf kurzfristige Änderungen zu reagieren.

Doch vor dem Hintergrund der zu betrachteten Aspekte des betrieblichen Umweltschutzes ist ein flexibles Störungsmanagement von besonderer Bedeutung (Rey et al. 1997, 60). Dies gilt nicht in geringerem Maße für ökonomische Gesichtspunkte, wenn man z.B. Produktionsverfahren nach dem Just-in-Time-Prinzip in Betracht zieht.

Eine simultane Planoptimierung bzgl. der Herstellungsreihenfolge und der Maschinenbelegung würde solche Potentiale eröffnen. Dies ist jedoch ohne eine Zusammenführung der Bereiche Arbeitsplanung, PPS sowie der operativen Leitung der Fertigung nicht möglich.

Ein Ansatzpunkt, diesen Konflikt zu vermeiden, ist die Bereitstellung aller möglichen Arbeitsplanalternativen, um der PPS bzw. der Leitstandsebene größtmögliche Entscheidungsfreiheit und somit ein Maximum an Optimierungspotentialen offenzuhalten.

Eine Generierung sämtlicher potentieller Bearbeitungsvarianten ist dadurch gekennzeichnet, daß der Lösungsraum alle technologisch und geometrisch durchführbaren Prozesse repräsentiert. Eine Einschränkung des Lösungsraumes durch zeit-, kosten- oder umweltbezogene Kriterien, die auf die Wirtschaftlichkeit der Bearbeitung Einfluß nehmen, jedoch das Fertigungsziel in der geforderten Qualität nicht beeinträchtigen, findet zunächst nicht statt (Altmann 1991, 24).

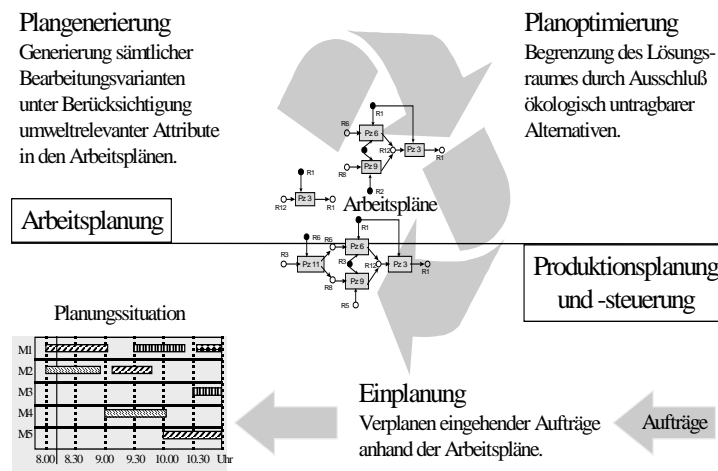


Abbildung 2

### Generierung und Optimierung umweltorientierter Arbeitspläne

Erst bei Vorhandensein der zu verplanenden Auftragslage kann aus diesen generierten Herstellungsreihenfolgen unter weiterer Betrachtung der Maschinenbelegung die Optimierung der Disposition vorgenommen werden.

### 2.3.2 Eingrenzung des Lösungsraumes

Die Umweltbelastung variiert dabei nicht nur mit den eingesetzten bzw. hergestellten Stoffen, Fertigungsverfahren und Arbeitsmethoden, sondern auch mit der räumlich-zeitlichen Anordnung und funktionalen Gliederung der Arbeitsprozesse (Schreiner 1996, 134). Die Arbeitsplanerstellung determiniert oder hat zumindest einen großen Einfluß auf diese Faktoren.

So bestehen Optimierungsspielräume durch die Verwaltung und den Einsatz von umweltfreundlichen alternativen bzw. substituierenden Materialien bei der Ausgangsteilebestimmung sowie hinsichtlich des zeitlichen Abgleichs von Reststoffanfall und -bedarf durch die Adaption der Arbeitsvorgangsfolge bei der Arbeitsplanerstellung (Rey et al. 1997, 63). In Abhängigkeit von zu fertigenden Losgrößen kann es auch ökonomisch wie ökologisch sinnvoll sein, z.B. nicht mit Stangenmaterial zu arbeiten, sondern Schmiedeteile mit bereits vorgearbeiteten Strukturen zu verwenden, um das Zerspanvolumen zu reduzieren (Eversheim 1997, 30).

Durch die mögliche Komplettbearbeitung von Bauteilen, beispielsweise von Schmiedegesenke in Bearbeitungszentren mit HSC-Fräsen, können Rüstvorgänge eingespart und die Prozeßzeit der bisher arbeitsteilig ausgeführten Prozesse auf unter 30% reduziert werden (Fritsche 1997, 50). Beides hat positive Auswirkungen auf die Umwelt, allerdings verteuern die Stundensätze der verfahrensintegrierten Maschinen unter Umständen die Herstellungskosten (Eversheim 1997, 31).

Die generierten Arbeitsplanalternativen können einer Planoptimierung zur Begrenzung des Lösungsraumes unterzogen werden (vgl. Abbildung 2). Unter Optimierung wird dabei die Auswahl solcher Bearbeitungsschritte verstanden, die letztendlich hinsichtlich frei zu definierender Kriterien (z.B. Umweltfreundlichkeit) zu einem günstigsten Gesamtergebnis führen, wobei es sich nicht um die Bestimmung genau einer Lösung handeln muß bzw. sollte.

Auf diesem eingegrenzten und optimierten Lösungsraum, welcher durch Arbeitspläne, die von einer Bilanzierungs- und Controlling-Einheit bewertet wurden, beschrieben wird, beruht dann der Einplanungsvorgang im System zur Produktionsplanung und -steuerung sowie die anschließende operative Steuerung in den Produktionsleitständen (vgl. Abbildung 3).

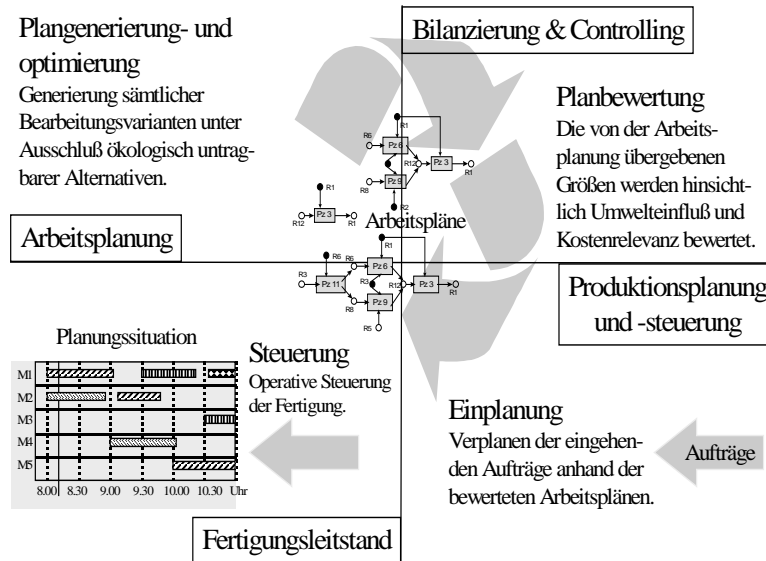


Abbildung 3  
Produktionsplanung anhand bewerteter umweltorientierter Arbeitspläne

## 2.4 Umweltorientierte Optimierung durch Informationsrückkopplung

Umweltdaten aus der Fertigung gehen heute, sofern überhaupt erfasst, höchstens in die Erstellung von Ökobilanzen ein, ansonsten zum Großteil verloren (Laubscher/Rey 1995, 109f.). Aufgrund der räumlichen und organisatorischen Trennung haben die planenden Bereiche meist keinen Zugriff.

Durch eine zyklische Vorgehensweise, die mittels einer Rückkopplung produktionsnaher Daten aus der Fertigung erfolgen könnte, wäre eine kontinuierliche Optimierung der Arbeitspläne und deren Planungsparameter realisierbar.

### 2.4.1 Informationsrückkopplung

„Die Rückkopplung ist generell durch die Informationsrückführung zwischen gekoppelten betrieblichen Prozessen gekennzeichnet, wobei die zurückgeführten Informationen gesammelt und für die Verifizierung und Korrektur dieser Prozesse sowie der damit zusammenhängenden Produktinformationen eingesetzt werden,“ (Valous 1993, 46).

In der wissenschaftlichen Literatur wird zunehmend vom „organisationalen Lernen,“ gesprochen. Kognitionsprozesse der Organisation werden jedoch von einzelnen Individuen und damit von den Mitarbeitern getragen (Zahn/Greschner 1996, 5).

Der Informationsrückfluß schafft die Möglichkeit der Sicherung des Wissens aus dem produzierenden Organisationsbereich. Durch den späteren Zugriff auf die aktuellen Informationen bei Planung und Steuerung, insbesondere bei Ähnlichkeits-

und Variantenplanung, wird eine Steigerung der Qualität der Planungsunterlagen ermöglicht.

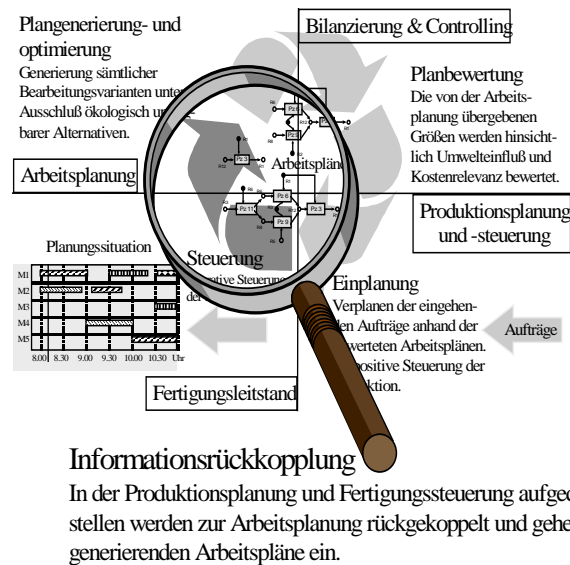


Abbildung 4  
Rückkopplung von ökologischen Schwachstellen in die Arbeitsplanung

#### 2.4.2 Rückkopplungstypen

Es lassen sich durch die Betrachtung der Regelmäßigkeit der Datenerfassung bei der Rückkopplung zwei verschiedene Typen definieren. Man unterscheidet in konstante und bedarfsgesteuerte Rückkopplung. Die konstante Rückkopplung besteht aus zeitlich festen oder durch äußeren Takt vorgegebenen Abständen der Datenübertragung nach bestimmten Schemata, wie etwa die konstante Informationsübertragung von der Werkstatt an die PPS im Rahmen der Betriebsdatenerfassung (BDE).

Ist es nicht erforderlich, Informationen kontinuierlich zur Verfügung zu stellen, sondern genügt es, beim Auftreten bestimmter Ausnahmefälle eine Rückkopplungsnachricht an einen Bereich zu senden, in der ein bestimmtes Ereignis dokumentiert wird, so spricht man von einer bedarfsgesteuerten Rückkopplung. Die bedarfsgesteuerte Rückkopplung ist im Gegensatz zur konstanten Rückkopplung flexibler, erfordert jedoch einen höheren Aufwand bei der Erfassung und Verwaltung der Rückkopplungsnachrichten.

#### 2.4.3 Rückkopplungsarten und -kategorien

Bei der Untersuchung verschiedener umweltrelevanter Rückkopplungsinformationen ist zu erkennen, daß sich diese in zwei Arten unterscheiden lassen. Dies sind zum einen automatisch zu identifizierende Schwachstellen oder Abweichungen und zum anderen sind Verbesserungs- bzw. Änderungsvorschläge durch kompetente Facharbeiter aus der Produktionsbereichen zu nennen.

Zur ersten Art zählt die Feststellung einer Soll/Ist-Abweichung bei entstehenden Emissionen oder beim Energiebedarf mittels der BDE. Der Vorschlag eines Meisters bzgl. der Verwendung eines anderen Hilfsstoffs im Produktionsprozeß ist der zweiten Art zuzuordnen.

Werden die Beispiele in einem Portfolio, welches Rückkopplungsarten und -typen gegenüberstellt (vgl. Abbildung 5), kategorisiert, so handelt es sich beim ersten um eine konstant, automatisch identifizierte Variante. Das zweite Beispiel läuft unter der Kategorie bedarfsgesteuerter Verbesserungsvorschlag.

Ein Beispiel, das unter die Kategorie III fällt, könnte man sich wie folgt vorstellen. In der PPS wird festgestellt, daß eine Arbeitsplanalternative aus Umweltgesichtspunkten nicht weiter tragbar ist, dann ist diese Tatsache für diesen Bedarfsfall rückzukoppeln.

Ein Feld im Portfolio bleibt aus offensichtlichen Gründen leer, da es normalerweise nicht möglich ist Verbesserungsvorschläge in konstantem zeitlichen Takt zu produzieren.

	automatisch	vorschlagsbasiert
konstant	I	-
bedarfs- gesteuert	III	II

Abbildung 5  
Einteilung der Rückkopplungsnachrichten nach Kategorien

#### 2.4.4 Verarbeitung der Nachrichten

Der Umgang mit den Rückkopplungsnachrichten läßt sich nach diesen Kategorisierungen einordnen. So können Soll/Ist-Abweichungen (Kategorie I) mehr oder minder automatisch ausgewertet werden. Z.B. geschieht dies bei einer Abweichung des Energiebedarfs eines Betriebsmittels durch die Anpassung diesen Bedarf beschrei-



benden Parameters. Bei sich anschließenden Planungen werden dadurch die veränderten Umweltauswirkungen des Betriebsmittels in Betracht gezogen.

Schwieriger gestaltet sich die Auswertung der Kategorie-II-Meldungen, wie die des angeführten Beispiels mit dem „umweltfreundlicheren,, Hilfsstoff. Hier sind recht komplexe Gesamtzusammenhänge zu prüfen. Unter anderem müssen die Fragen wo wird der zu substituierende Stoff noch eingesetzt, kann er dort auch ersetzt werden und rechnet es sich insgesamt unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten, geklärt werden. Dies kann zwar informationstechnisch unterstützt werden, jedoch nicht automatisch ablaufen.

In Kategorie III treten beide Fälle auf. So ist das oben angeführte Beispiel mit dem ökologisch nicht vertretbaren Arbeitsplan durch ein einfaches Löschen dieser Alternative zu realisieren. Meldet aber das PPS eine Änderung im Produktionsprogramm, so wäre eine Anpassung der Arbeitspläne der gestalt sinnvoll, daß Produkte mit hohen Stückzahlen bevorzugt auf umweltfreundlicheren Betriebsmitteln eingepant werden. Dies zu realisieren bedarf wiederum eines umfassenderen Vorgehens.

## **2.5 Fazit**

Ziel der umweltorientierten Arbeitsplanung ist die Bereitstellung aktueller umweltorientierter Arbeitspläne für die PPS und die Werkstattleitung. Dazu werden zunächst alle Herstellungsvarianten generiert. Der entstandene Lösungsraum wird durch den Ausschluß ökologisch unvertretbarer Alternativen eingeschränkt. Die verbleibenden Alternativen stehen nach einer Bewertung, der sich anschließenden Verwendung in der PPS und auf Leitstandsebene bereit.

Jedoch darf dieser Informationsfluß keine Einbahnstraße sein, denn nur durch eine Rückkopplung umweltrelevanter Größen kann für die beschriebene kontinuierliche Optimierung der Planungsparameter gesorgt werden.

## **3 Umweltorientierte Produktionsplanung und -steuerung**

### **3.1 Integration von Umweltschutzaufgaben in PPS-Systeme**

#### **3.1.1 Ausgangssituation**

Produktionsunternehmen sehen sich zunehmend mit der Aufgabe konfrontiert, im Rahmen der Leistungserstellung eine Vielzahl von umweltschutzinduzierten Aufgabenstellungen bewältigen zu müssen.

Dabei zeigt sich, daß neben technologischen Lösungen auch die organisatorische Einbindung der Umweltschutzaktivitäten in die betrieblichen Prozesse unbedingt notwendig ist, um ökonomische und ökologische Rationalisierungspotentiale und Effizienzverbesserungen zu erschließen. Einer der wichtigsten betrieblichen Prozesse, der eine derartige Integration benötigt, ist die Planung und Steuerung der Produktion. Ziel dieser Integration muß es sein, den zur Erstellung von marktfähigen Produkten erforderlichen Ressourcenverzehr so gering wie möglich zu halten. Dadurch

wird die Umwelt geschont und die Wirtschaftlichkeit des Produktionsprozesses erhalten oder im besten Fall sogar gesteigert.

Im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung werden ausgesprochen große Datenmengen erzeugt und verarbeitet. Eine operative Abwicklung ohne informationstechnische Unterstützung ist daher bereits in kleinen Unternehmen undenkbar.

Die große Mehrheit der heute implementierten PPS-Systeme basiert auf Weiterentwicklungen des MRP II - Konzeptes. Dieses Konzept und die darauf aufbauenden Systeme sind in der Vergangenheit, falls sie überhaupt umweltrelevante Funktionen umfassen, nur unsystematisch und bruchstückhaft erweitert worden. Neben ihnen existieren in den Unternehmen weitere, nicht integrierte Systeme für den betrieblichen Umweltschutz. Bisher gibt es keine systematische Erweiterung der bestehenden PPS-Konzepte bzw. Systeme, mit denen derartige umweltinduzierte PPS-Anforderungen erfüllt, aus ihnen resultierende Kosten reduziert und zukünftige gesetzliche Anforderungen erfüllt werden können.

Eine Vielzahl von Betrieben wickelt Umweltschutzaufgaben in alleinstehenden Zusatzsystemen ab (Schmidt 1994, 3ff.). Diese betrieblichen Umweltinformationssysteme (BUIS) verfügen in der Regel über einen eigenen, vom PPS-System getrennt zu pflegenden Datenbestand (z.B. Abfallmanagementsysteme, Gefahrstoffdatenbanken oder Öko-Bilanzierungstools). Das hohe Volumen betrieblicher Daten, die zu Umweltschutzzwecken erhoben, verarbeitet, gespeichert und ausgewertet werden müssen, führt in vielen Fällen zu Inkonsistenzen im Datenbestand zwischen PPS-System und BUIS (Kaiser 1998, 604). Hinzu kommt, daß der Einsatz eines BUIS parallel zum PPS-System durch die mehrfache Datenhaltung in der Regel unwirtschaftlich ist. Eine Mehrzahl der benötigten Daten ist bereits in konventionellen PPS-Systemen vorhanden. Sie zu nutzen ist ein vorrangiges Ziel einer Integration von Umweltschutzfunktionen in PPS-Systeme.

### **3.1.2 Komplexitätssteigerung im Zuge der Integration**

Bei der Integration von Umweltschutzaufgaben in die Produktionsplanung und -steuerung muß stets ein angemessenes Verhältnis zwischen dem zu erwartenden ökologischen/ökonomischen Nutzen und der gleichzeitig damit verbundenen Komplexitätssteigerung der Planungs- und Steuerungsaufgaben bestehen. Die Komplexitätssteigerung kann eine zusätzliche Belastung der betroffenen Organisationseinheiten bewirken. Ist dies der Fall, treten in der betrieblichen Praxis erhebliche Akzeptanzprobleme für eine umweltorientierte PPS auf. Daher gilt es, im Sinne einer hohen Akzeptanz auf Seiten der Anwender und eines maximalen Integrationsumfangs umweltorientierter Aufgabenstellungen, die resultierende Komplexitätssteigerung bei der Abwicklung der PPS so gering wie möglich zu halten. Dabei ist die Erweiterung bestehender PPS-Modelle, mit denen sich heute im betrieblichen Einsatz befindliche PPS-Systeme kompatibel sind, ein geeigneter Ansatz zur Beschränkung der Komplexitätszunahme.

### 3.2 Das Aachener PPS-Modell

Die systematische Erweiterung der PPS um umweltschutzbezogene Aufgabenstellungen setzt voraus, daß ein ausgereiftes und bewährtes Modell für die Planung und Steuerung der Produktion für ein traditionelles PPS-Zielsystem vorliegt. Mit dem Aachener PPS-Modell steht ein Referenzmodell einer integrierten Produktionsplanung und -steuerung zur Verfügung, das fertigungstypspezifische Auftragsabwicklungsstrukturen und die zu verwendenden Informationssysteme (PPS-Systeme) beschreibt (Schotten 1998, 10ff.). Aufgrund der hohen Komplexität der Produktionsplanung und -steuerung erfolgt die Trennung der Modellbeschreibung in vier unterschiedliche Sichten auf das Modell. Jede Sicht erschließt einen inhaltlich kohärenten Bestandteil des Gesamtmodells. Zu den so entstehenden Teilmodellen gehören das Aufgaben-, das Prozeß-, das Funktions- und das Datenmodell (Abbildung 6).

Das Aufgabenmodell unterteilt die Gesamtaufgabenstellung der PPS in planungs- und steuerungsrelevante Teilaufgaben. Dabei wird zwischen Kern- und Querschnittsaufgaben unterschieden. Kernaufgaben führen durch ihre Abwicklung zu einem direkten Arbeitsfortschritt in der Auftragsabwicklung, während Querschnittsaufgaben die Abwicklung der Kernaufgaben unterstützen (Much/Nicolai 1995, 7). Im Prozeßmodell werden die Teilaufgaben des Aufgabenmodells unter einem erhöhten Detaillierungsgrad in eine zeitliche und beziehungslogische Reihenfolge gestellt. Zur weiteren Komplexitätsreduzierung wurde der Ansatz gewählt, die Referenzprozeßmodelle für verschiedene, grundlegende Auftragsabwicklungstypen zu erstellen. Zur Beschreibung der sich aus den Prozeßmodellen ergebenden funktionalen Anforderungen an die zu verwendenden Informationssysteme wurde das Funktionsmodell erstellt. Es beschreibt die notwendigen Funktionalitäten, wie z. B. Prognoseverfahren oder Methoden und Verfahren zur Stücklistengenerierung oder -bearbeitung. Die für die Abwicklung der Funktionen erforderlichen oder bei ihrer Ausführung erzeugten Daten und ihre datentechnische Verknüpfung beschreibt das Datenmodell.

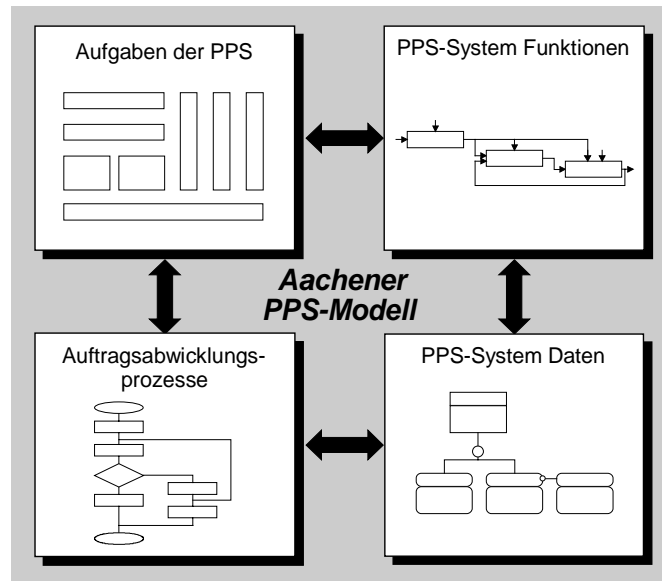


Abbildung 6  
Das Aachener PPS-Modell

Vereinfacht dargestellt besteht das umweltorientiert erweiterte Aachener PPS-Modell somit aus zwei Teilmodellen. Das Organisationsmodell bildet durch die Verknüpfung von Aufgaben- und Prozeßmodell die organisatorischen Anforderungen ab, während Daten- und Funktionsmodell eine informationstechnische Sicht der PPS liefern (Abbildung 7). Auf diese Sicht des Informationsmodells soll im weiteren näher eingegangen werden.

### 3.3 Das Informationsmodell der umweltorientierten PPS

Im Rahmen des Funktionsmodells ergeben sich aus den umweltorientierten Erweiterungen von Aufgaben- und Prozeßmodell eine Vielzahl von zusätzlich benötigten oder in erweitertem Kontext auszuführenden Funktionalitäten für Standard-PPS-Systeme. Diese Erweiterungen wurden gemäß ihrer Zugehörigkeit für jeden Prozeßschritt einzeln erarbeitet und beschrieben. Zur Systematisierung der Beschreibung dieser Funktionalitäten wurden ebenfalls die Partialsichten Stoffstrommanagement, Energie-/Emissionsmanagement und Öko-Controlling verwendet.

Auf Basis der erforderlichen umweltorientierten Funktionalitäten innerhalb eines Standard PPS-Systems konnten die notwendigen Anpassungen des Datenmodells ermittelt werden (Agthe et al. 1998, 37). Zu unterscheiden ist dabei sowohl zwischen der umweltorientierten Erweiterung und der Modifikation bestehender Elemente des PPS-Datenmodells.

Die Dokumentation der umweltorientierten Funktionserweiterungen sowie der von ihnen benötigten und generierten Daten vervollständigt das umweltorientierte

Aachener PPS-Modell. Die Systematik der Funktions- und Datenerweiterungen ist in Abbildung 8 am Beispiel des Prozessschritts der auftragsanonymen Ressourcengrobplanung, die im Zuge der Produktionsprogrammplanung durchzuführen ist, dargestellt.

## Standard-PPS - Umweltorientiert erweitert

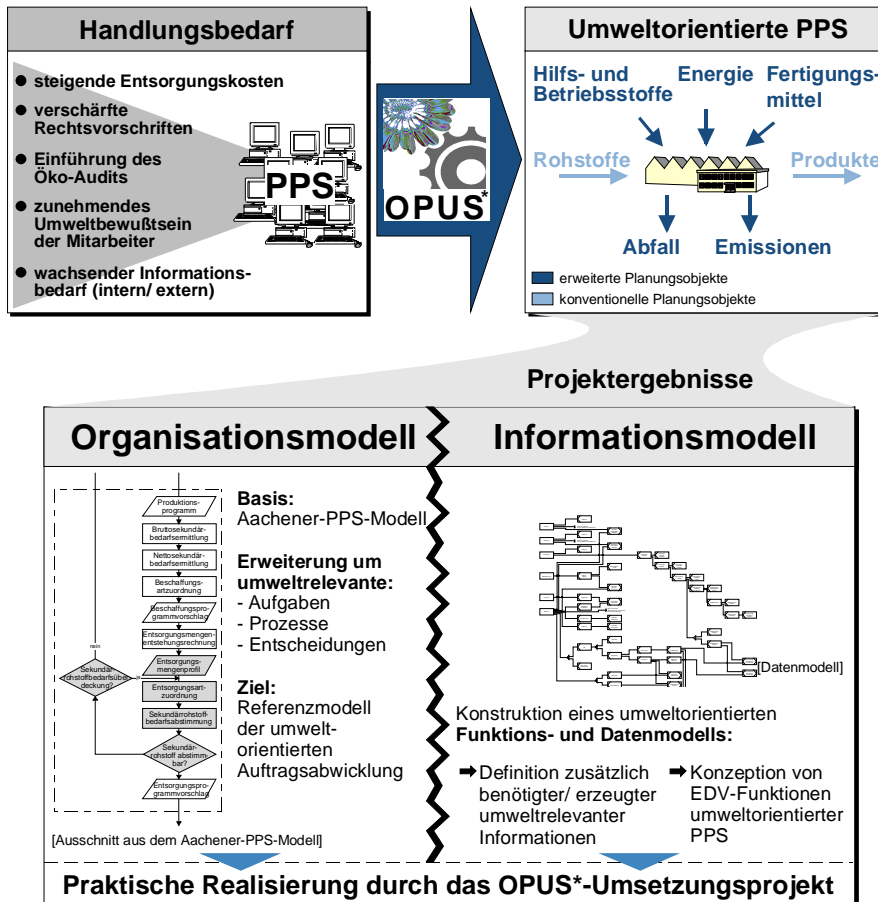


Abbildung 7

Organisations- und Informationsmodell der umweltorientiert erweiterten PPS

Diese Art der Darstellung ermöglicht es, einen direkten Bezug zwischen den Systemfunktionen und den durch sie manipulierten Daten herzustellen. Zur systematischen Beschreibung der erforderlichen Daten, ihrer Struktur und ihrer Integration in das Datenmodell der konventionellen PPS wurde ein erweitertes Datenmodell entwickelt, das die Beschreibungssprache SERM (Strukturiertes Entitäten-Relationen-Modell) (Ferstl/Sinz 1994, 101ff.) verwendet (Abbildung 9).

Aufgabe:	Produktionsprogrammplanung	Nr. 1.2
Prozessschritt:	Ressourcengrobplanung (auftragsanonym)	



### Umweltorientierte Zielsetzung

- Überschlägige Kapazitätsplanung für Aufbereitung, Aufarbeitung und Beseitigung



### Umweltorientierte Funktionserweiterungen (PPS)

#### Stoffstrommanagement (S)

- Berücksichtigung der Entsorgungskapazitäten im Zuge der Grobplanung
- Getrennte Betrachtung der Kap.-gruppen unter den Gesichtspunkten Aufarbeitung, Aufbereitung und Beseitigung

#### Energie- und Emissionsmanagement (E)

- Berechnung von Energie- und Emissionsprofilen auf Basis von Maschinen- und/oder Vergangenheitsdaten
- Berücksichtigung von mittel- und langfristigen Kopplungsmöglichkeiten zwischen Wärmeerzeuger und -verbraucher sowie von Emissionsobergrenzen

#### Öko-Controlling (Ö)

- Aufbereitung der Energie- und Emissionsdaten für die Ressourcenmatrix für langfristige Bilanzierungszeiträume



### Erforderliche/ generierte Informationen

- ⇒ Ergebnisse der Abfallgrobplanung (S)
  - ⇒ Ergebnisse der Redistributionsplanung (S)
  - ⇒ Vergangenheitsdaten/Materialprofile (S)
  - ⇒ Anlagen- und Vergangenheitsdaten (E)
  - ⇒ Produktionsprogrammvorschlagn (E)
  - ⇒ Matrix der Energiekopplungsmöglichkeiten, Emissionskalender (E)
  - ⇒ Anlagendaten, Stoff-/Teiledaten, erweiterte Arbeitspläne (Ö)
  - ⇒ Produktionsprogrammvorschlagn (Ö)
- 
- ← Kapazitätspläne für Entsorgungskapazitäten (S)
  - ← Realisierbarkeit des Produktionsprogramms (S)
  - ← Energie- und Emissionsprofil (E)
  - ← Aggregierte Bilanzdaten des Stoffstrom-, Energie- und Emissionsmgt. (Ö)

Abbildung 8  
Beispiel für die Erweiterung des Funktionsmodells

Die SERM-Methode ermöglicht, neben der Darstellung von Entitäten und Relationen auch die Abbildung von Hierarchien und logischen Zugehörigkeiten innerhalb des Datenmodells. In Verbindung mit der Spezifikation der erweiterten PPS-Funktionen entsteht so ein umfassendes Informationsmodell der umweltorientierten PPS.

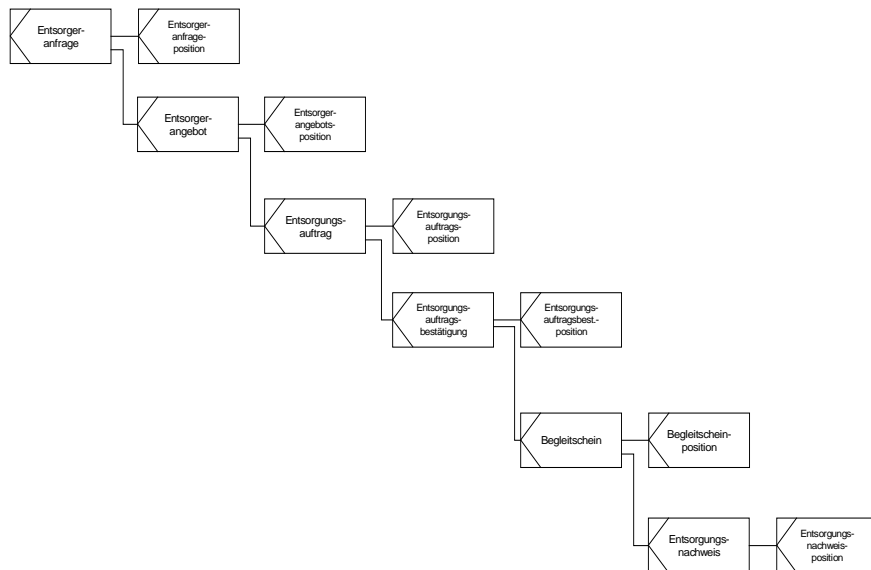


Abbildung 9  
Auszug aus dem Datenmodell der umweltorientiert erweiterten PPS

### 3.4 Fazit

Das umweltorientierte PPS-Modell soll in erster Linie eine systematische Erweiterung von Standard-PPS-Systemen um umweltschutzbezogene Leistungsmerkmale unterstützen. Das systematische Vorgehen bei dieser konzeptionellen Erweiterung sichert zum einen eine durchgängige Implementation ökologischer Anforderungen an die Produktionsplanung und -steuerung und ermöglicht zum anderen den Anbietern von PPS-Systemen eine wirtschaftliche Vorgehensweise bei der Weiterentwicklung ihrer Systeme.

Durch die umfassende und integrative Erweiterung des Aachener PPS-Modells ist es, moderne PPS-Systeme kurzfristig, aufwandsarm und kostengünstig um die notwendigen Funktions- und Leistungsmerkmale zu erweitern. Die Verwendung eines existierenden Modells zur Produktionsplanung und -steuerung stellt dabei sicher, daß die resultierende Erhöhung der Planungs- und Steuerungskomplexität begrenzt und überschaubar bleibt.

Gemeinsam tragen diese Faktoren dazu bei, die Akzeptanz der Integration von Umweltschutzfunktionen in PPS-Systeme sowohl beim Anwender als auch bei Anbietern dieser Systeme zu verbessern und verringern die Hemmnisse für eine Implementation von PPS-Systemen in der Praxis, die den Ansprüchen des produktionsintegrierten Umweltschutzes gerecht werden.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Leistungsfähigkeit des produktionsintegrierten Umweltschutzes wird von der Integrationstiefe der zur Verfügung stehenden Konzepte und Spezifikationen erheblich beeinflusst. Zur Gewährleistung einer möglichst durchgängigen Integration entlang der Auftragskette werden untereinander kompatible und abgestimmte Modelle benötigt.

Diese Modelle müssen die Kopplung organisatorischer Konzepte und informationstechnischer Lösungsansätze berücksichtigen. Durch den im OPUS-Projekt verfolgten Ansatz, Informationstechnik und Organisation über die gesamte inner- und überbetriebliche Auftragsabwicklung konsequent umweltorientiert zu erweitern und aufeinander abzustimmen, wurde ein umfassendes Referenzmodell zur Integration von Umweltschutzaufgaben in betriebliche Abläufe geschaffen. Die in diesem Beitrag vorgestellten Aspekte aus den Arbeitspaketen Arbeitsplanung und Produktionsplanung und -steuerung bilden dabei einen unverzichtbaren Bestandteil des Gesamtmodells.

Die in OPUS erarbeiteten Ergebnisse werden zur Zeit in Realisierungsprojekten mit zahlreichen Industriepartnern auf ihre Umsetzbarkeit und Praxistauglichkeit überprüft. Die dabei gewonnenen Erfahrung fließen abschließend in die Grundlagen-ergebnisse wieder ein und sichern so die Verwertbarkeit des OPUS-Lösungsansatzes.

### Literatur

- Agthe, I., Pillep, R., Schieferdecker, R. (1998): Standard PPS - umweltorientiert erweitert; in: PPS-Management, Jg. 3, Nr.2, S. 35-38, 1998
- Altmann, C. (1991): Dynamische Prozeßgestaltung in flexiblem Fertigungssystemen durch integrierte Arbeitsvorbereitung, München, Wien, 1991
- AWF (1985): CIM : Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen; Hrsg. AWF, Eschborn, 1985
- Baum, T., Zahn, G. (1996): Genau nach Plan : Zehn Arbeitsplanungssysteme im Vergleich - eine Marktübersicht; in: AV-Arbeitsvorbereitung, Jg. 33, Nr. 2, S. 102-106, 1996
- Bullinger, H.-J., Görsch, R., Rey, U. (1998a): Betriebliche Umweltinformationssysteme als Integrationsbasis einer ökonomischen Informationswirtschaft; in: Bullinger, H.-J., Hilty, L.M., Rautenstrauch, C., Rey, U., Weller, A. (Hrsg.), Betriebliche Umweltinformationssysteme in Produktion und Logistik, Marburg, 1998, S. 9 ff.
- Bullinger, H.-J., Hilty, L.M., Rautenstrauch, C., Rey, U., Weller, A. (1998): Betriebliche Umweltinformationssysteme in Produktion und Logistik; Marburg, 1998
- Bullinger, H.-J. (1997): Anforderungen an Methoden und Systeme für eine umweltorientierte Auftragsabwicklung; Projektbericht OPUS, Stuttgart, 1997
- Eversheim, W. (1997): Organisation in der Produktionstechnik Bd. Arbeitsvorbereitung; 3., vollst. überarb. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York, 1997
- Ferstl, O. K., Sinz, E. T. (1994): Grundlagen der Wirtschaftsinformatik Bd. 1; 2. Aufl., Oldenbourg Verlag, München et al. 1994
- Fritsche, K. (1997): HSC-Fräsen im Formenbau : Rationalisierung durch Komplettbearbeitung auf Bearbeitungszentren; Landsberg/Lech, 1997



- Haasis, H.-D. (Hrsg.), Hilty, L.M., Hunscheid, J., Kürzl, H., Rautenstrauch, C. (1995): Umweltinformationssysteme in der Produktion - Fachgespräch des Arbeitskreises Betriebliche Umweltinformationssysteme; Berlin, Marburg, 1995
- Kaiser, H. (1998): Integration umweltschutzbezogener Funktionen und Daten in PPS-Systeme; in: Luczak H., Eversheim, W. (Hrsg.), Schotten, M., Produktionsplanung und -steuerung, Berlin et al. 1998, S. 596-628.
- Laubscher, H.-P., Rey, U. (1995): Modell zur Planung von Stoffströmen in überbetrieblichen Logistik-Netzwerken - Ein objektorientierter Ansatz -; in: Haasis, H.-D., Hilty, L.M., Hunscheid, J., Kürzl, H., Rautenstrauch, C. (Hrsg.), Umweltinformationssysteme in der Produktion, 1995, S. 109 ff.
- Much, D., Nicolai, H. (1995): PPS-Lexikon, Berlin, 1995.
- Nabl, T. (1996): Einführung in die Produktionswirtschaft; München, Wien u.a., 1996
- REFA (1975): Das REFA-Buch, Band 2: Methodische Grundlagen der analytischen Arbeitsbewertung; Hrsg. REFA, München, 1975
- Rey, U., Kaiser, H., Pillep, R. (1997): Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung in einem überbetrieblich umweltorientierten Kontext; in: Bullinger, H.-J.: Anforderungen an Methoden und Systeme für eine umweltorientierte Auftragsabwicklung, S. 49 ff., Stuttgart, 1997
- Schmidt, F. P. et al. (1994): Umwelt-Informationssysteme, Renningen-Malsheim, 1994.
- Schotten, M. (1998): Aachener PPS-Modell; in: Luczak H., Eversheim, W. (Hrsg.), Schotten, M., Produktionsplanung und -steuerung, Berlin et al. 1998, S. 9-28.
- Schreiner, M. (1996): Umweltmanagement in 22 Lektionen : ein ökonomischer Weg in eine ökologische Wirtschaft; 4. überarb. Aufl., Wiesbaden, 1996
- Valous, A. (1993): Informationsrückkopplung zwischen NC-Fertigung und Arbeitsplanung - Ein Konzept zur Aktualisierung von Planungsinformationen und NC-Programmen; Hrsg. Prof. Dr.-Ing. Günter Warneke, Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, Universität Kaiserslautern, 1993
- Zahn, E., Schmid, U. (1996): Produktionswirtschaft, Stuttgart, 1996
- Zahn, E., Greschner, J. (1996a): Strategische Erneuerung durch organisationales Lernen, Arbeitspapier Nr. 2/1996, BWI Abt. IV, Universität Stuttgart, Stuttgart, 1996