

## Standortökobilanz als Bestandteil des betrieblichen Umweltinformationssystems (BUIS) – Realisierung für ein Pharmaunternehmen

Barbara Helmschrott<sup>1</sup>, Heinz Köser<sup>2</sup>, Christian v. Rozycki<sup>2</sup>, Andreas Runge<sup>1</sup>  
und Rainer Taplick<sup>2</sup>

### Zusammenfassung / Abstract

*Standortökobilanzen entwickeln sich zu einem zentralen Instrument der ökologischen Planung, Steuerung und Überwachung in Unternehmen. Es werden in Beispielen charakteristische Elemente einer branchenspezifischen Lösung für Ökobilanzen von Pharmaunternehmen vorgestellt. Auf der Lastenseite einer Standortökobilanz kommt der Struktur des Ökokontenrahmens und der Zuordnung der Artikel zu den Kontenklassen große Bedeutung zu. Die Gefahrstoffmerkmale der Artikel sind in diesem Zusammenhang für die Verknüpfung von Artikeln und Ökokonten wichtig. Auf der Nutzenseite wird besonders auf die Frühwarnindikatoren eingegangen, die von den entsprechend strukturierten Ökokontenklassen bereitgestellt werden. Hier sind beispielsweise das Betriebsstörungspotential für die Abwasserreinigung und das Havariepotential zu nennen. Die Standortökobilanz dient ebenfalls als Datenbasis für regelmäßig zu aktualisierende betriebliche Umwelleistungskennzahlen. Das DV-Architekturkonzept hat die unterschiedliche Herkunft, zeitliche Auflösung, Speicherdauer und die Qualität der Daten zu berücksichtigen.*

*Ecobalances of production sites are developing into a central instrument for planning, controlling and monitoring the environmental protection of companies. Characteristic elements of a specific solution for ecobalances in pharmaceutical industry will be presented in some examples. The structure of the ecological account framework and the allocation of articles to these account categories are important. The dangerous property characteristics of the articles are significant in terms of this allocation. With reference to the benefits provided from site ecobalances the early warning environmental indicators are discussed, for example the potential of interference of waste water treatment or the potential of industrial incidents. The site ecobalance also provides the data basis for regularly updated indicators of environmental performance evaluation. The software architecture has to consider the different data sources, time resolutions, storing time requirements and data qualities.*

---

<sup>1</sup> Boehringer Ingelheim Pharma KG, A USI, D-88397 Biberach an der Riss

<sup>2</sup> Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Fachbereich Verfahrenstechnik, Professur für Umweltschutztechnik, D-06099 Halle (Saale), email: ust-mail@vt.uni-halle.de

## **1 Einleitung**

Ökobilanzen stellen ein Verfahren zur Strukturierung der Stoff- und Energieströme sowie der potentiellen Umweltwirkungen von Produkt- und Dienstleistungssystemen dar (ISO 14040:1997). Sie spielen im betrieblichen Umweltschutz eine immer größere Rolle. Mit ihren Ausprägungen als Standort-, Prozeß- oder Produktbilanz lassen sie sich als Werkzeuge für die Aufgaben eines betrieblichen Umweltinformationssystems (BUIS) nutzen.

Für den betrieblichen Umweltschutz dürften derzeit die Prozeß- und Standortökobilanzen den vergleichsweise größeren potentiellen Nutzen bereithalten. Hier werden die aus der Verfahrenstechnik seit längerem bekannten Konzepte der Stoff- und Energiebilanzen chemischer Prozesse mit den Ansprüchen der ganzheitlichen Betrachtung zu einem leistungsfähigen Instrument des Umweltschutzes vereinigt.

Für das Aufstellen von Standortökobilanzen kann je nach Komplexität des Standortes und Stand der anderen betrieblichen Informationssysteme viel Zeit erforderlich sein. Der Aufwand für den einzelnen Standort läßt sich verringern, sobald auf branchenspezifische Lösungen zurückgegriffen werden kann. Die Standardlösungen haben sich auf die ökologisch wesentlichen Aspekte zu beschränken. Zusätzlich besteht die Anforderung, die Ökobilanz nicht einmalig (statisch) durchzuführen, sondern durch enge Einbindung in die bestehenden (ökonomisch orientierten) betrieblichen Informationssysteme eine weitgehende automatisierte (dynamisierte) Aktualisierung zu ermöglichen.

Im folgenden werden die Ziele, der Aufbau und die wichtigsten Anwendungen einer für Pharmaunternehmen spezifischen Ökobilanz vorgestellt.

## **2 Struktur der Pharmaindustrie**

Bei 20 Packungen pro Jahr liegt der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch von Arzneimitteln in Deutschland, das entspricht 2,8 Einzeldosierungen pro Person und Tag. Hergestellt werden diese Arzneimittel heute fast ausschließlich in der pharmazeutischen Industrie.

Die Statistik weist zwar 1 100 Arzneimittelhersteller in Deutschland aus, 450 davon vereinigen jedoch bereits rund 95% des Umsatzes auf sich, dürften also als Produzenten im eigentlichen Sinn betrachtet werden. Die Produktionsstandorte sind überwiegend mittelständisch strukturiert. Der Marktanteil der 10 führenden Unternehmen betrug 1997 lediglich 15%. Etwa 430 Betriebe mit 100 bis 500 Mitarbeitern sind verzeichnet und nur 140 Betriebe mit mehr als 500 Mitarbeitern. Im Jahre 1997 wurden insgesamt 115 000 Mitarbeiter beschäftigt. Der Gesamtproduktionswert zu Fabrikabgabepreisen belief sich auf 34 Mrd. DM (BPI 1997, 1998).

Die Auslandsnachfrage ist für die deutsche Pharmaindustrie von entscheidender Bedeutung. Im Ausland werden 35 % des Umsatzes erzielt. Administrative Zwänge

und ökonomische Gründe veranlassen die international tätigen Unternehmen zur Errichtung von Produktionsstätten im Ausland. Die Herstellung des fertigen Arzneimittels erfolgt dabei häufig segmentiert, d.h. über mehrere Produktionsstätten verteilt.

Die Pharmaindustrie ist durch einen hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand gekennzeichnet. Neben der eigentlichen Produktion umfassen viele Pharma-standorte daher vergleichsweise starke Forschungs- und Entwicklungseinheiten. Weiterhin sind verschiedene administrative Organisationseinheiten anzutreffen, die sich unter anderem mit Marketing, Vertrieb aber auch der wissenschaftlichen Begleitung der Produkte befassen. Standorte mit eigener biotechnologischer oder chemisch-synthetischer Produktion sind vergleichsweise selten. Die bei der eigentlichen Arzneimittelherstellung eingesetzten Verfahren sind stoffumformender Natur, d.h. auf die Grundoperationen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik zurückzuführen. Die Wirkstoffe sowie die nicht arzneilich wirkenden Hilfsstoffe, die erforderlich sind, damit der Wirkstoff den gewünschten Effekt am Zielort entfalten kann, werden in die gewünschte Darreichungsform (z.B. Tablette, Salbe oder Tropfen) überführt. Die Produktionsprozesse der pharmazeutischen Industrie zeichnen sich durch hohe Qualitätsanforderungen und einen hohen Dokumentationsaufwand aus.

Der im Rahmen der vorliegenden Ökobilanzmodellierung betrachtete Pharma-standort der Boehringer Ingelheim Pharma KG befindet sich in Biberach an der Riss, d.h. in Baden-Württemberg. Der Standort Biberach mit rund 3 000 Beschäftigten zeichnet sich durch starke Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und eine vergleichsweise große biotechnologische Wirkstoffproduktionseinheit aus. Das nachfolgend näher beschriebene Ökobilanzmodell wurde von der Konzeption her derart ausgelegt, daß ebenfalls die Belange kleinerer, mehr branchentypischer Standorte abgedeckt werden können.

### **3 Aufbau und Ziele der Standortökobilanz**

Im Unterschied zum Erstellen einer einmaligen Ökobilanz-Studie oder der Durchführung einer Umweltbetriebsprüfung mittels Checklisten für ein Ökoaudit bestand im vorliegenden Fall die Aufgabe, ein Datenerfassungskonzept für ein BUIS zu erarbeiten und das Pflichtenheft für den Ökobilanz-Server abzuleiten. Schwerpunkt dabei bildete die Erarbeitung der *Zielstellung*, d.h. der verschiedenen Anwendungen der Standortökobilanz eines Standortes der Pharmaindustrie und die praktikable Umsetzung der Ökobilanzmethodik in ein DV-gestütztes BUIS zum Zwecke von Umweltcontrolling-Aufgaben sowie für die interne und externe Kommunikation und Umweltberichterstattung (Mitarbeiterinformation, Umweltbericht, gesetzliche Dokumentationspflichten). Es sollte also ein vorhandener Datenpool so genutzt werden,

daß er für verschiedene Zwecke des betrieblichen Umweltschutzes eingesetzt werden kann.

In Anlehnung an die organisatorische Gliederung von Pharmaunternehmen wurden 11 *Funktionseinheiten* (Einkauf, technische Infrastruktur, administrative Infrastruktur, Chemieproduktion, Biotechnik, Pharmafertigung, Qualität und Logistik, Medizin, Marketing und Vertrieb und nicht zuletzt die Forschung und die Entwicklung) als funktionelle Betriebsbereiche definiert, die für die Bewertung der Umweltaktivitäten eine Rolle spielen. Besonders die Prozesse der technischen Infrastruktur wie Energieerzeugung, Abwasserreinigung, Reststoffzentrum, Lager- und Transportprozesse wurden in ihrer Eigenschaft als Versorgungs- und Lieferungseinheiten detailliert betrachtet, um eine Aufteilung der Umweltwirkungen dieser Module auf die sonstigen Funktionseinheiten vornehmen zu können.

Im einzelnen werden in der ersten Phase folgende *Bilanzierungs- und Berechnungsschritte* vorgenommen:

- Input-/Outputbilanz der die Werksgrenzen überschreitenden Stoff- und Energieflüsse (Sachbilanz für Standort)
- Ermittlung der Vor- und Nachketten ausgewählter Inputs (Packstoffe, Energie)
- Ermittlung der Vor- und Nachketten ausgewählter Outputs (Abfälle)
- Standortinterne Input-/Outputbilanz der verschiedenen Funktionseinheiten (Sachbilanz für Funktionseinheit)
- Ermittlung der Umweltwirkungspotentiale der Elementarströme und Zuordnung zu den Funktionseinheiten (Wirkungsabschätzung für Funktionseinheit bzw. Standort)
- Prognose der täglichen Schmutzfracht für die Abwasserreinigung
- Erfassung der am Standort gehandhabten abwasserkritischen Roh- und Betriebsstoffe (vgl. Abschnitt 5.2)
- Erfassung der am Standort gehandhabten havarierelevanten Stoffe
- Berechnung von operativen Leistungskennzahlen zur Umweltleistungsbewertung der Funktionseinheiten und des Standortes (vgl. Abschnitt 5.3)

In einer zweiten Realisierungsphase sollen zusätzlich folgende Aspekte betrachtet werden:

- Unterstützung der Standortentwicklungsplanung durch Betriebsablaufs- und Perspektiven-Simulationen
- Klassifizierung der Bestände und Flüsse weiterer Betriebsstoffe (z.B. Gefahrstoffe, Reinigungs-/Desinfektionsmittel und Papier)
- Berücksichtigung von Materialverpackungen der Inputgüter
- Bereitstellung von Verrechnungs- und Entsorgungskosten für Abfallvermeidungsstrategien

## 4 Ökokontenrahmen

### 4.1 Struktur des Ökokontenrahmens

Es wurde ein pharmaspezifischer Ökokontenrahmen entwickelt (siehe Abbildung 1), der für die Kernbilanz der Funktionseinheiten sowie des Pharmastandortes anwendbar ist.

#### 1. Inputs/Outputs über Werksgrenzen:

##### INPUT:

- I-1 Rohstoffe (Wirk- und Hilfsstoffe sowie Vorprodukte zur Arzneimittelherstellung)
- I-2 Packstoffe (Primär- und Sekundärverpackungen der Fertigware, z.B. Blister, Faltschachteln)
- I-3 Betriebsstoffe (Materialien und Stoffe, die nicht in das Produkt eingehen aber für den Betriebsablauf benötigt werden, z.B. Reinigungsmittel, Laborchemikalien, Büromaterial)
- I-4 Energie (Endverbrauchsenergien, z.B. Strom, Erdgas)
- I-5 Ressourcen (Trinkwasser, Brunnenwasser)
- I-6 Ungüter (Wertlose Güter zur Beseitigung, z.B. Sickerwasser einer Deponie)
- I-7 Dienstleistungen (externe Dienstleistungen, z.B. Reinigungsleistungen)

##### OUTPUT:

- O-1 Produkte (Fertigware, z.B. Arzneimittel)
- O-2 Energie (Energieoutput, z.B. Stromlieferung)
- O-3 Emissionen (Abluft, z.B. SO<sub>2</sub>)
- O-4 Abwasser (hydraulische und Schadstofffrachten, z.B. CSB)
- O-5 Abfall (Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG), z.B. auch Abfälle zur Verwertung)

#### 1. Standortinterne Inputs/Outputs:

Die in Abbildung 1 als Puzzle-Glieder dargestellten standortinternen Inputs und Outputs für die Funktionseinheiten sind analog den In- und Outputs über die Werksgrenze aufgebaut und repräsentieren die standortinternen Verflechtungen der Stoff- und Energieströme.

#### 1. Lagerbestände der Technischen Infrastruktur:

Das Bilanzieren der Artikelbestände eines Lagers, in dem Gefahrstoffe gelagert werden, ist für die Abschätzung des Betriebsstörunspotentials der Abwasserreinigungsanlage und die Ermittlung des Gefährdungs- und Havariepotentials wichtig.

#### 1. Physische Bestandsgrößen:

Hierbei werden der Flächenverbrauch, die Gebäude und die Anlagengüter bilanziert. Die Anlagengüter sind in der Ökobilanz bisher nicht mit bilanziert worden, da ihr

Wert deutlich kleiner ist als der Wert der Umlaufgüter (20%-Kriterium) und ihre Umweltrelevanz im Regelfall geringer ist als die der Umlaufgüter.

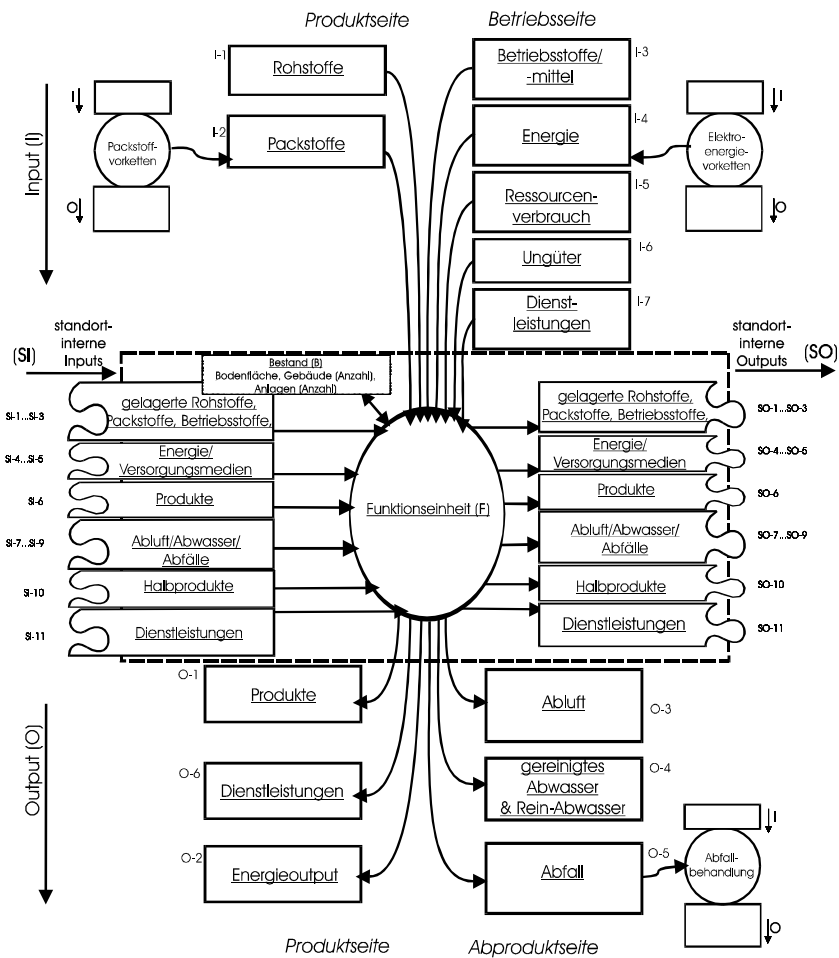


Abbildung 1: Hauptökokontenklassen einer Funktionseinheit eines Pharmastandes

Eine brauchbare Ökobilanz-Software zeichnet sich dadurch aus, daß die Zuordnung der Artikel zu den Kontenklassen des Ökokontenrahmens variabel gestaltet ist und an die jeweiligen Gegebenheiten des Standortes angepaßt werden kann.

In den folgenden zwei Abschnitten soll an ausgewählten Beispielen der beschrittene Weg zur Ermittlung der *Unterklassen* des Ökokontenrahmens in der zweiten und dritten Gliederungsebene exemplarisch diskutiert werden.

## 4.2 Gefahrstoffe und Ökokontenklassen

Die in der Pharmaindustrie eingesetzten Rohstoffe (Wirk- und Hilfsstoffe sowie Vorprodukte) und Betriebsstoffe sind durch unterschiedliche Umweltrelevanz geprägt. Auf Grund gesetzlicher Vorschriften wie dem Chemikaliengesetz (ChemG) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sind die Unternehmen verpflichtet, zu dokumentieren, an welchem Ort und in welchen Mengen Gefahrstoffe gelagert oder gehandhabt werden. Da dies gewöhnlich DV-gestützt erfolgt und jedem Gefahrstoffartikel ein Sicherheitsdatenblatt zugeordnet sein muß, können wir uns im Rahmen der Kernbilanz hinsichtlich der Rohstoffe und Chemikalien auf die in den Artikelstammsätzen des Produktionsplanungs- und Steuerungssystems (PPS) enthaltenen Verweise auf die *Gefahrstoffmerkmale (R-Sätze)* entsprechend der GefStoffV beziehen.

Somit können Unterkontenklassen entsprechend Abbildung 2 gebildet werden, denen die Gefahrstoff-Artikelmengen durch nutzerdefinierte R-Sätze bzw. R-Satz-Kombinationen zugeordnet werden.

<b>I-1 ROHSTOFFE</b>
<b>I-1.1 Wirkstoffe und Hilfsstoffe</b>
I-1.1.1 Stark säugetiertoxische Wirk- und Hilfsstoffe
I-1.1.2 Säugetiertoxische Wirk- und Hilfsstoffe
I-1.1.3 Sonstige umwelttoxische Wirk- und Hilfsstoffe
I-1.1.4 Ozonschichtabbauende Wirk- und Hilfsstoffe
I-1.1.5 Andere Wirk- und Hilfsstoffe, explosionsgefährliche
I-1.1.6 Andere Wirk- und Hilfsstoffe, brennbare Gase
I-1.1.7 Andere Wirk- und Hilfsstoffe, leichtentzündl.Flüss.
I-1.1.8 Andere Wirk- und Hilfsstoffe, Gefahrstoffe
I-1.1.9 Andere Wirk- und Hilfsstoffe
<b>I-1.2 Vorprodukte</b>

Abbildung 2: Kontenklassenbildung unter Verwendung von Gefahrstoffmerkmalen

Durch eine hierarchisch gegliederte Suche erfolgt eine disjunkte Zuordnung sämtlicher Gefahrstoff-Artikel zu diesen acht Unterkontenklassen. Dies ermöglicht die mengenmäßige Identifizierung der bei der Handhabung und bezüglich der Umweltwirkungen besonders kritischen Bestände und deren Stoffflußverfolgung. Die sonstigen „Nicht-Gefahrstoffe“, werden nicht artikelweise, sondern entsprechend einer material- oder funktionsbezogenen Klassifizierung summarisch erfaßt.

### 4.3 Materialklassen und Ökokontenklassen

Eine Übernahme der Artikelbestände und -flüsse aus dem übergeordneten PPS-System kann durch die direkte Zuordnung zum Ökokontenrahmen über die vorhandenen Materialarten wie z.B. Rohstoff, Betriebsmittel, Fertigware, Halbprodukt, Verpackung und Handelsware erfolgen.

Eine Zuordnung zu den Unterkontenklassen (siehe Abbildung 3) läßt sich für einige Hauptkontenklassen unter Verwendung vorhandener Materialklassifizierungssysteme des PPS vornehmen.

<b>O-5 ABFALL</b>
<b>O-5. 1 Papier zur Entsorgung</b>
O-5. 1. 1 Altpapier
O-5. 1. 2 Akten (vertrauliche Unterlagen)
O-5. 1. 3 Papier, mit Substanzen verunreinigt
O-5. 1. 4 Papptrommeln
O-5. 1. 5 Kartonagen
<b>O-5. 2 Kunststoffe zur Entsorgung</b>
O-5. 2. 1 PE-Folien und Tragetaschen
O-5. 2. 2 Kunststofffässer
O-5. 2. 3 Styropor
O-5. 2. 4 Kunststoffe verunreinigt
O-5. 2. 5 Kunststoffe rein
<b>O-5. 3 Glas zur Entsorgung</b>
O-5. 3. 1 Altglas

Abbildung 3: Untergliederung des Ökokontenrahmens nach Materialklassen  
(Ausschnitt)

Neben der Klassifizierung für Abfälle existieren z.B. weitere Materialklassen für Packstoffe, Rohstoffe/Substanzen, Werbe- und Büromaterialien.

Eine weitere Klassifizierungsmöglichkeit ergibt sich über den Lagerort :

- Rohstoff-/Substanzenlager
- Chemikalienlager
- Büromaterialienlager
- Technisches Lager
- Fertigwarenlager
- Reststoffzentrum

## 5 Umweltinformationen aus der Standortökobilanz

### 5.1 Aufgaben und Anwendungen

Dem hohen Aufwand und der Komplexität der Ökobilanzmethodik auf der Lastenseite stehen auf der Nutzenseite eine Vielzahl quantitativer und qualitativer Umweltinformationen gegenüber, welche die systematische Erfassung relevanter Stoff- und Energieströme für Management, operative Arbeit, Kommunikation und Erfüllung gesetzlicher Dokumentationspflichten liefern kann.

Zentrale Instrumente von Kommunikation/Dokumentation der eigenen Umweltleistung nach innen oder außen sind *Umweltberichte* (jährlich) und *Umwelterklärungen* (3-jährlich). Beim Ranking der Umweltberichterstattung werden zunehmend I/O-Bilanzen, Kennzahlen und Umweltwirkungsabschätzungen positiv bewertet.

Die aktuelle Umweltgesetzgebung fordert weiterhin eine Reihe umweltbezogener Angaben, die bisher meist noch manuell erhoben werden, beispielsweise

- die *Emissionserklärung* nach 11. BImSchV (Emissionserklärungsverordnung), die für genehmigungsbedürftige Anlagen alle 2 Jahre Art, Menge, zeitliche und räumliche Verteilung sowie Austrittsbedingungen von Luftverunreinigungen beschreibt,
- das *Abwasserkataster*, welches abgegebene Abwasserfrachten sowie wichtige betriebsinterne Anfallstellen dokumentiert,
- *Abfallbilanz und Abfallwirtschaftskonzept* nach KrW-/AbfG, welche im 1- bzw. 5-Jahres-Rhythmus Art, Menge, Herkunft und Verbleib der im Betrieb anfallenden überwachungsbedürftigen oder besonders überwachungsbedürftigen Abfälle dokumentieren (Bilanz) sowie die getroffenen oder geplanten Maßnahmen zur Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung dieser Abfälle begründen (Konzept),
- das *Gefahrstoffverzeichnis (-kataster)* nach GefStoffV, welches die kontinuierlich aktualisierte Dokumentation der Bezeichnungen, der Mengenbereiche und der Arbeitsbereiche aller gehandhabten Gefahrstoffe durch den Arbeitgeber realisiert.

Wichtige operative Anwendungsgebiete von Ökobilanzen sind *ökologische Schwachstellenanalyse und Optimierung*, mit denen oftmals auch Kosteneinsparungen verbunden sind. Quantitative Umweltwirkungsabschätzungen und Umweltleistungskennzahlen (vergl. Abschnitt 5.3) sind dabei hilfreich.

Basierend auf Gefahrstoffströmen oder -beständen läßt sich als weitere operative Anwendung ein Frühwarnindikatorensystem entwickeln.

## 5.2 Frühwarnindikatoren

Ziel von *Frühwarnindikatoren* ist es, solche Stoffmengen frühzeitig zu erkennen und anzuzeigen, die im Extremfall Störungen der Funktionsweise bestimmter Anlagen (z.B. der zentralen Abwasserbehandlung) oder wesentliche Beeinträchtigungen von Schutzgütern hervorrufen können. Basis dafür sind die im Rahmen der Standortökobilanz ermittelten Gefahrstoffflüsse und -bestände.

Abbildung 4 enthält einen Vorschlag für das prinzipielle Vorgehen beim Aufbau eines ökobilanzbasierten Frühwarnsystems, erläutert am Beispiel des Frühwarnsystems für die zentrale Abwasserreinigungsanlage.

1. *Definition eines Gefährdungsmaßstabes (Potentials) für alle kritischen Stoffe:*  
Das Betriebsstörungspotential für die Abwasserreinigungsanlage (BSPA<sub>Abw</sub>) ist eine Summe über die wirkungsbezogen gewichteten Massen der einzelnen abwasserkritischen Stoffe, ausgedrückt in der Einheit kg-Wassertoxizitäts-Äquivalent ( $\text{kg}_{\text{wTox-Äq}}$ ).
2. *Definition eines „schlimmsten anzunehmenden Falles,“:*  
Als schlimmster anzunehmender Fall bzgl. Störung der Abwasserreinigung wurde angesetzt, daß ein gesamtes Gebinde eines wassertoxischen Stoffes an einem Tag in die Abwasserreinigungsanlage gelangt.
3. *Ermittlung der maximalen Belastbarkeit der Anlage/des Schutzgutes:*  
Die akute Toxizitätsschwelle für Fische, Daphnien und Algen wird bei 0,5 mg/l des Stoffes mit dem BSPA<sub>Abw</sub>=1 erreicht.
4. *Bestimmung des kritischen Flusses:*  
Der kritische Fluß bei einem Wasserdurchfluß durch die Abwasserreinigungsanlage von 1000 m<sup>3</sup>/d wird also bei 0,5 kg  $\text{kg}_{\text{wTox-Äq}}$ /d erreicht.
5. *Überwachung aller Flüsse/Bestände, die im schlimmsten anzunehmenden Fall Mengen oberhalb des kritischen Flusses freisetzen können:*  
Bei Bewegungen und Lagerungen von Gebinden mit einem Wassertoxizitäts-Äquivalent von mehr als 0,5  $\text{kg}_{\text{wTox-Äq}}$  sind die technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen näher zu betrachten.

Abbildung 4: Aufbau eines Frühwarnindikatorensystems

Die Berechnung des *Betriebsstörungspotentials für die Abwasserreinigungsanlage* (BSPA<sub>Abw</sub>) basiert auf den R-Sätzen R50 (sehr giftig für Wasserorganismen), R51 (giftig für Wasserorganismen), R52 (schädlich für Wasserorganismen) und R53 (kann in Gewässern langfristig schädliche Wirkungen haben).

Die *Probleme* des beschriebenen Ansatzes, insbesondere

- das stark vereinfachtes Wirkungsmodell,
- die Unvollständigkeit und Unschärfe bei der Datenerfassung,
- die zeitliche Datenverfügbarkeit

werden dadurch ausgeglichen, daß man aufgrund der Überbewertung bei der Störfallwahrscheinlichkeit durch den „schlimmsten anzunehmenden Fall,, auf der sicheren Seite ist.

### 5.3 Umweltleistungskennzahlen

Neben reaktivem Verhalten auf Anforderungen des Gesetzgebers oder des Marktes finden Umweltaspekte in Form des Umweltcontrollings zunehmend Eingang in die unternehmerischen Entscheidungs- und Planungsprozesse. Notwendige Voraussetzung dafür ist aber, daß sich Umweltprobleme und Umweltleistungen objektiv und quantitativ bewerten lassen.

*Umweltkennzahlensysteme* (in Analogie zu den seit längerem gebräuchlichen ökonomischen Kennzahlen des Rechnungswesens) sind Instrumente, die unter der Zielsetzung der Objektivierung, Quantifizierung und Verdichtung auf eine überschaubare Anzahl von umweltbezogenen Schlüsselinformationen entwickelt wurden. Aktuelle Veröffentlichungen, wie der Entwurf zur Norm (ISO/DIS 14031: 1998) oder der Leitfaden (BMU/UBA 1997) geben einen ersten verbindlichen *Rahmen* für den Aufbau solcher Systeme. Einen umfassenden und aktuellen Überblick für das Gebiet der Umweltkennzahlen gibt (Seidel et al. 1998).

Man unterscheidet die folgenden *Klassen* von umweltbezogenen Kennzahlen:

- *Umweltleistungskennzahlen*  
(Stoff-/Energie-/Infrastruktur-/Verkehrskennzahlen)
- *Umweltmanagementkennzahlen*  
(Leistungen der organisatorischen Umweltschutzmaßnahmen)
- *Umweltzustandskennzahlen*  
(Umweltqualität der lokalen Umgebung des Betriebes)

Umweltleistungskennzahlen werden bisher in den meisten Fällen noch manuell ermittelt. Demgegenüber ist eine detaillierte rechnergestützte Standortökobilanz eine ideale zentrale Datenbasis für ein regelmäßig und mit geringem Aufwand zu aktualisierendes, stoffflußorientiertes Umweltleistungskennzahlensystem.

Für die Standortökobilanz des Pharmastandortes Biberach wurde für die erste Bearbeitungsphase ein Satz von 134 Kennzahlen mit der in Abbildung 5 gezeigten Gliederung ausgewählt.

Sämtliche Massen-/Energieleistungskennzahlen werden direkt aus den Ökokonten der Sachbilanzebene abgeleitet. Zur Ermittlung der Daten in den Hauptkontenklassen Abfall, Abluft und Abwasser werden die Sachbilanzdaten über Transferfunktionen und Bilanzmodelle verknüpft. Die Wirkungspotentialkennzahlen für die

Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Ozonschichtzerstörung, Photosmog, Eutrophierung, Versauerung, Ressourcenbeanspruchung, Havariegefahr und Betriebsstörungsgefahr werden mit Hilfe von Wirkungsmodellen berechnet.



Abbildung 5: Umweltleistungskennzahlengliederung einer Standortökobilanz

Der DV-Entwurf (s. Abschnitt 6) sieht eine variable Gestaltung des Kennzahlensystems auf der Nutzerebene vor.

## 6 DV-Architekturkonzept

Der Umfang der umweltrelevanten Daten am untersuchten Standort und die Zielstellung einer periodischen, präzisen und aktuellen Ermittlung aller in Abschnitt 5 beschriebenen Informationen machen eine EDV-gestützte Realisierung unabdingbar. In der Planung wurde besonderer Wert auf eine weitgehend automatisierte Datenakquisition und eine hohe Flexibilität des Systems bezüglich erweiterter Aufgabenstellungen (insbesondere Kennzahlen, Simulationen) gelegt.

Aufgrund der absehbaren Komplexität des Systems wurde entschieden, die *Realisierung* vollständig einer Softwareentwicklungsfirma zu übertragen. Schnittstelle zwischen Ökobilanz-Designern und EDV-Realisierern sind dabei (1) ein zu erstellendes Pflichtenheft, (2) einige Prototypen insbesondere der Nutzeroberfläche sowie (3) einige grobe Entwurfsempfehlungen.

*Basismaschine* für die Speicherung und Datenverdichtung ist eine relationale Datenbank. Für die Verarbeitung und den Nutzerzugriff ist eine 3-stufige *Client-*

*Server-Architektur* angedacht, die aus vorwiegend host-basierten Datenquellen, einem Ökobilanzserver in der Leistungsklasse einer Workstation sowie PC-basierten Nutzerclients besteht. Das *logische Gesamtmodell* des Systems ist in Abbildung 6 in groben Zügen dargestellt.

Als *Datenquellen* für den Ökobilanz-Server des Pharmastandortes dienen vorrangig das PPS (s. Abschnitt 4.2 und 4.3), das BDB (betriebliches Datenbanksystem) sowie das BDE (Betriebsdatenerfassungssystem):

- PPS (Einkauf, Materialwirtschaft, Finanz- und Buchhaltung, Produktionsplanung, Abfallwirtschaft)
- BDB Energiemanagement (Stromerzeugung, Wasser, Versorgungsmedien)
- BDB Gebäudemanagement (Gebäude, Flächen, Anlagengüter)
- BDE Betriebsdaten (Energie-, Wasserverbrauch, Abwasseraufkommen)

Das *Import-Subsystem* in Abbildung 6 transformiert die verschiedenen Datenformen in ein einheitliches Format, ordnet den einzelnen Datensätzen die Parameter „Funktionseinheit“, und „Ökokontenklasse“, zu und nimmt, falls notwendig, eine Umrechnung auf Masseeinheiten vor. In Absprache mit den Datenverwaltern der PPS-, BDE- und BDB-Systeme wurden folgende *Zuordnungsprinzipien* erarbeitet, wobei die Zuordnung der Artikelbestände und -flüsse softwareseitig über ein Anforderungsmodul initiiert wird:

1. über Materialarten und -klassen, die in anderen DV-Systemen „gepflegt“, werden,
2. artikelweise, z.B. für Gefahrstoffe, Lösemittel, FCKW, NMVOC,
3. über Bilanzmodelle, z.B. Emissionen durch eine standorteigene Energieerzeugung,
4. über Transferfunktionen, z.B. Sortierung im Reststoffzentrum, Abbauleistung der standorteigenen Abwasserreinigungsanlage, Adsorberwirkungsgrad von Aktivkohle-Abluftfiltern,
5. sonstige Zuordnungen, z.B. über Verbraucher-Kostenstellen.

Aufgabe des *Speicher- und Aufbereitungssubsystems* ist es, gesteuert durch das Anforderungssystem, eine effiziente Speicherung zu gewährleisten, gegebenenfalls Modellberechnungen vorzunehmen sowie Aggregationen der Primärdaten für die verschiedenen Aufgabenstellungen durchzuführen.

Das *Nutzerumgebungssystem* realisiert die Generierung und Ausgabe von Views und Reports. Dabei beinhaltet dieses Subsystem für jede der genannten Standortökobilanz-Aufgaben ein eigenes Untermodul (Nutzerumgebungsfacette). Es ist geplant, ausgewählte Anwendungen über ein intranet-ähnliches betriebliches Informationssystem allen Mitarbeitern zugänglich zu machen.

Das *Anforderungssystem* speichert und organisiert die Anforderungen auf den verschiedenen Ebenen insbesondere unter zeitlichen Aspekten in Form von Aufgaben- und Datenanforderungsschulen.

Das beschriebene Umweltinformationssystem befindet sich zum Zeitpunkt der Drucklegung noch in der Konzeptionsphase. Die nächsten Schritte beinhalten einen konzeptionellen Datenbankentwurf in Form eines Entity-Relationship-Diagramms. Dabei dienen die formulierten Erkenntnisziele (Aufgaben) als Entwurfsgrundlage. Mittelfristig ist eine Erweiterung des Konzeptes um eine perspektivische Simulation (d.h. die Simulation von Umweltwirkungen aus betriebswirtschaftlichen Leitgrößen), eine Struktursimulation (Simulation der Einflüsse struktureller Veränderungen am Standort) sowie Funktionseinheitensimulationen (Prozeßsimulation) geplant.

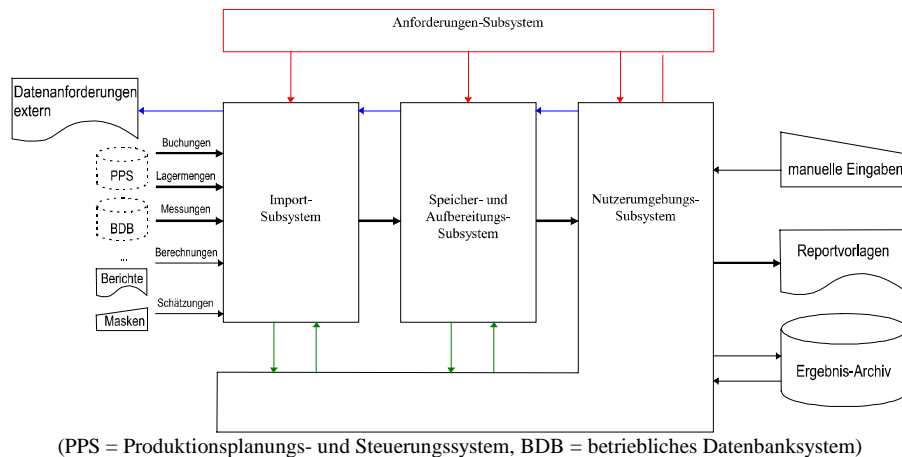


Abbildung 6: EDV-Architekturkonzept

## 7 Ausblick

Der konzeptionelle Teil der dynamisch aktualisierbaren Ökobilanz ist weitgehend abgeschlossen. Zum Zeitpunkt des Entstehens dieses Beitrages wird an dem Pflichtenheft für die EDV-technische Realisierung gearbeitet.

## Literaturverzeichnis

- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), UBA Umweltbundesamt (Hrsg.) (1997): Leitfaden „Betriebliche Umweltkennzahlen,, Bonn/Berlin
- BPI (Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie) (Hrsg.) (1997 und 1998): Pharma Daten 97 und Die pharmazeutische Industrie in Deutschland - aktuelle Zahlen, Frankfurt

- DIN EN ISO 14040 (Stand: 08/1997): Umweltmanagement, Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen
- ISO/DIS 14031 (Entwurf, Stand: 05/1998): Umweltmanagement - Leistungsbewertung - Leitlinien
- Seidel, E., Clausen, J., Seifert, E. K. (Hrsg.) (1998): Umweltkennzahlen, Verlag Franz Vahlen, München