Hans-Knud Arndt

Umweltinformationssysteme für Unternehmen

Schriftenreihe des IÖW 69/93

i | ö | w
INSTITUT FÜR
ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Schriftenreihe des IÖW 69/93

Hans-Knud Arndt (Hrsg.)

Umweltinformationssysteme für Unternehmen

Berlin 1993

ISBN 3-926930-64-0

Inhalt

Vorwort des Herausgebers 1

Hans-Dietrich Haasis
Stand und Weiterentwicklungmöglichkeiten betrieblicher Umweltschutzinformations- und Managementsysteme 3

Hans-Knud Arndt, Marian Rolke
Der Einsatz von Computer-Aided-Software-Engineering (CASE) zur Entwicklung eines Informationsmanagementsystems für betriebliche Umweltinformationssysteme 7

Andreas Möller
Datenerfassung für den diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz: Der Petri-Netz-Ansatz 39

Lorenz Hilty
Ökologistik und Computersimulation 51

Hans-Knud Arndt
Ein betriebliches Umweltinformationssystem für das Umwelt-Controlling 71

Harald Müller-Witt, Manfred Wiecken, Rolf Winkelmann
Betriebliches Umwelt-Management und das betriebliche Umwelt-Informations-System (BUIS) 89

Johannes Kramer
Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS): Voraussetzung effektiven Umweltmanagements 109

Christoph Roenick, René Treibert
Konzeption von Informationssystemen für den betrieblichen Umweltschutz 117

Andreas Lott, Martin Pauleser, Werner Strauß
Umwelt- und Arbeitsschutzmanagementsysteme für den Einsatz in Industrie und Gewerbe 125

Vorwort

Betriebliche Umweltinformationssysteme sind gefragt, denn Umweltschutz zu betreiben ist immer auch ein Informationsproblem. So kann es nicht verwundern, daß sich die Informatik dem Spannungsfeld von Information und Umweltschutz angenommen hat. Somit ist eine spezielle Umweltinformatik entstanden.

Aktiver und effektiver Umweltschutz ist heute ohne den Einsatz der EDV nicht mehr denkbar. Im informationstechnischen Bereich werden seit Jahren unterschiedliche Umwelt-Anwendungen im wesentlichen für öffentliche Auftraggeber entwickelt. Der Grund dafür liegt in der für die Kommunen und die Behörden der Länder ständig wachsenden Anzahl der umweltrechtlichen Aufgaben und deren Vollzug. Deshalb ist der EDV-Einsatz für Umweltinformationssysteme zwingend erforderlich, um die Fülle der umweltrelevanten Informationen in einem vertretbaren Zeit- und Kostenaufwand verarbeiten zu können.

Während auf dem Gebiet der öffentlichen, überbetrieblichen Umweltinformationssysteme schon beträchtliche Fortschritte erzielt wurden, befindet sich die Entwicklung von betrieblichen Umweltinformationssystemen noch im Anfangsstadium.

Inzwischen ist die Nachfrage nach solchen Informationssystemen stark angestiegen und auf dem deutschsprachigen Software-Markt werden diverse Software-Lösungen für einzelne betriebliche Umweltprobleme angeboten. Andererseits ist bedingt durch die allgemeine Rezession festzustellen, daß Unternehmen im Bereich der Informationsverarbeitungstechnik ihre Forschungskapazitäten auf dem Gebiet der (betrieblichen) Umweltinformationssysteme zurückfahren, so daß zur Zeit die Gefahr besteht, daß die Weiterentwicklung betrieblicher Umweltinformationssysteme stagniert.

Mit dieser Schriftenreihe soll versucht werden, sich dem Thema der betrieblichen Umweltinformationssysteme mit einer Art Zwischenbilanz zu nähern. Den Schwerpunkt bildet dabei die Schnittstelle zwischen Informationstechnik und betrieblichen Anforderungen. Die Beiträge stammen sowohl von Wissenschaftlern als auch von Unternehmen aus dem Bereich der Informationstechnik. In dieser Schriftenreihe werden die jeweiligen Sichtweisen zum Thema "Umweltinformationssysteme für Unternehmen", Lösungsvorschläge und -wege sowie Methoden zur Erstellung eines betrieblichen Umweltinformationssystems beschrieben.

Betriebliches Umwelmanagement zählt wie Organisation, Controlling, Informatik und Qualitätssicherung zu den Querschnittsaufgaben, die alle Funktionsbereiche eines Unternehmens betreffen. Ein Informationssystem für den betrieblichen Umweltschutz muß deshalb ebenfalls als eine unverzichtbare Querschnittsfunktion des Unternehmens aufgefaßt werden.

Ziel der weiteren Forschung auf dem Gebiet der betrieblichen Umweltinformationssysteme muß es also sein, auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen eine Konzeption für integrierte betriebliche Umweltinformationssysteme zu entwickeln, die sowohl den allgemeinen technischen Anforderungen wie z.B. Anwenderfreundlichkeit als auch den speziellen aufgabenbedingten Ansprüchen eines betrieblichen Umweltmanagements genügt.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Autoren aus Wissenschaft und Praxis sowie beim Sekretariat des IÖW, insbesondere bei Frau Roenius für ihre unermüdlichen Schreibarbeiten, bedanken.

Berlin, Dezember 1993 Hans-Knud Arndt

Stand und Weiterentwicklungmöglichkeiten betrieblicher Umweltschutzinformations- und Managementsysteme

PD Dr. Hans-Dietrich Haasis, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion,Universität Karlsruhe

Betrieblicher Umweltschutz ist mittlerweile in vielen Betrieben der deutschen Industrie zum gleichberechtigten Teil der Unternehmenspolitik avanciert. Kennzeichen dieser erweiterten und oftmals in Umweltschutzleitlinien dargelegten Unternehmenspolitik sind ihre aktive, Handlungsspielräume ausnutzende Einstellung zum betrieblichen Umweltschutz sowie ihre Hinwendung zu einem bereichsübergreifenden, sogenannten produktions- und produktintegrierten Umweltschutz. Dieser verfolgt bekanntlich das Ziel, Maßnahmen zur Emissions- bzw. Abfallvermeidung, -verminderung, Reststoffentsorgung und Teileaufarbeitung nicht (im Rahmen einer Partialbehandlung) isoliert, sondern gemeinsam auch im Hinblick auf Problemverlagerungen und Auswirkungen auf den eigentlichen Produktionsprozeß sowie auf die mit dem Prozeß verbundenen betrieblichen und außerbetrieblichen Produktionsprozesse (Produktionsverbund) zu betrachten und durchzuführen. Obgleich dessen Realisierung zunächst technische Möglichkeiten voraussetzt, sind ebenfalls unterstützend dispositive Maßnahmen erforderlich.

Zur informationswirtschaftlichen Unterstützung dieser Aufgaben sind derzeit computerunterstützte betriebliche Umweltschutzinformations- und -managementsysteme (BUIS) in der Entwicklung. Ziele dieser Systeme sind die computerunterstützte Erfassung, Verwaltung und entscheidungsorientierte Aufarbeitung von Informationen zur Planung, Umsetzung und Kontrolle emissions- und abfallarm zu betreibender Produktionssysteme. Ihre Auslöser finden sie u. a. in der ständig wachsenden Zahl gesetzlicher Vorschriften und Verordnungen und damit den steigenden Anforderungen an das Berichtswesen und die Revisionsfähigkeit sowie in der Notwendigkeit, für Entscheidungen zur Realisierung eines produktionsintegrierten Umweltschutzes, Informationen abteilungsübergreifend und konsistent zur Verfügung zu haben.

Durch ein abteilungsübergreifend konzipiertes BUIS sind im wesentlichen zwei Aufgabengruppen abzudecken:

- eine dispositive Planung, Steuerung und Kontrolle einzelner Maßnahmen zur Realisierung eines produktionsintegrierten Umweltschutzes sowie
- eine Informationsbereitstellung zur Unterstützung des Dialogs zwischen Betrieb und Kunden, Lieferanten, Investoren, Versicherungsgesellschaften, Behörden und Öffentlichkeit.

Der bisherige Entwicklungsstand dieser Systeme geht jedoch i. allg. über Dokumentationsaufgaben (etwa im Zusammenhang mit einer Erstellung und Verwaltung von DIN-Sicherheitsdatenblättern, Emissionserklärungen, Entsorgungsnachweisen, Begleitscheinen und Ökobilanzen) nicht hinaus. Zur Entscheidungsunterstützung sind daher künftig BUIS um Module zur Planung, Steuerung und Kontrolle sowie um eine informationswirtschaftliche Kopplung mit bereits eingesetzten Informationssystemen zu erweitern. Hierbei ist für eine betriebliche Schwachstellenanalyse und eine anschließende Maßnahmengenerierung entscheidend über bisher diskutierte Ansätze, etwa Ökobilanzen oder Kennzahlensysteme, hinauszugehen.

Vielmehr spielen Methoden zur Abbildung und Bewertung des Minderungspotentials und möglicher Auswirkungen betrieblicher Umweltschutzmaßnahmen auf den Produktionsprozeß im Zeitablauf eine wesentliche Rolle. Da ebenfalls herkömmliche Produktionsplanungs- und -Steuerungs-Systeme (PPS-Systeme) dispositiver Aufgaben der Planung, Steuerung, aber auch der Überwachung und Kontrolle übernehmen, ist es naheliegend, sich bei einem BUIS an der Konzeption von PPS-Systemen zu orientieren. Unterschiedliche Produktionsstrukturen und Emissions- bzw. Abfallcharakteristiken von Industriebetrieben bedingen, hierfür notwendige Datenmodelle branchen- und/oder betriebstypisch anzulegen.

So sind etwa zur Realisierung eines "Umwelt-PPS"-Systems für die Fertigungsindustrie u. a. folgende Stammdateien zu erweitern bzw. neu anzulegen:

- Teilstammdatei (zusätzliche Beschreibung einsetzbarer Teile bezüglich Aufarbeitbarkeit bzw. Recyclierbarkeit),
- Hilfsstoffdatei (zusätzliche Beschreibung einsetzbarer Hilfsstoffe mittels Attributen wie etwa Zugehörigkeit zu Gefahrstoffklassen, Stoffzusammensetzung, Toxizität),
- Lagerdatei (Erfassung potentieller Lagerorte für Rest- und Abfallstoffe, Gefahrstoffe),
- Arbeitsplandatei (Erweiterung und optionale Fertigungs- und Montagearbeitspläne, aber auch um Aufarbeitungsarbeitspläne, Demontagearbeitspläne).

Des weiteren sind etwa Reststoff- und Abfallbestands- und Entsorgungsdateien zu integrieren. Diese enthalten etwa Angaben über Art, Menge, Zusammensetzung, Anfallort und -zeitpunkt. Die Verknüpfung dieser Datenbestände ist in Abhängigkeit ausgewählter Aufgaben bzw. Funktionalitäten zu betrachten. Diese können sich an umweltschutzorientiert erweiterten Kernaufgaben der betrieblichen Produktionsplanung und -steuerung ausrichten, also an einer Produktionsprogrammplanung, einer Mengenplanung und einer Termin- und Kapazitätsplanung.

Darüber hinaus sind sie auf Rest- und Abfallstoffe zu übertragen: Entsorgungsplanung und -steuerung. So sind beispielsweise zur Unterstützung der Funktion Entsorgungsplanung einerseits etwa Informationen über relevante gesetzliche Auflagen, Stoffcharakteristika sowie inner- und überbetriebliche Recyclingmöglichkeiten erforderlich; andererseits werden Daten über potentielle Entsorger sowie Abfallanfallmengen benötigt. Für eine Kapazitätsplanung, eine Reihenfolgeplanung und einen Kapazitätsabgleich werden u. a. Informationen aus Betriebsmitteldatei, Entsorgungskapazitätendatei, Arbeitsplandatei und Umweltnormendatei benötigt.

Durch eine entsprechende funktionale Ausrichtung ergeben sich damit vielfältige Möglichkeiten einer informationswirtschaftlichen Unterstützung eines produktionsintegrierten Umweltschutzes im Betrieb. Eine objektive Bewertung ökologischer Auswirkungen betrieblicher Unternehmensaktivitäten ist bis heute jedoch auch mit BUIS nicht realisierbar. Erst dann, wenn derzeit noch kontrovers diskutierte Bewertungsansätze etwa im Zusammenhang mit einer ökologischen Bilanzierung erfolgreich harmonisiert werden, könnte diese Lücke geschlossen werden.

Die marktfähige Realisierung eines derartigen computerunterstützten Systems ist im wesentlichen jedoch davon abhängig, inwieweit es gelingt, etwa entsprechende branchentypische und aufgabenspezifische Datenmodelle für eine möglichst breite Anwendungsgruppe zu entwickeln; gelingt dies, so bilden diese Systeme einen wesentlichen Baustein zur Unterstützung einer Planung, Steuerung und Kontrolle eines produktionsintegrierten Umweltschutzkonzeptes im Industriebetrieb. Ihr Einsatz wird in einigen Jahren in entsprechender Weise wie derzeit PPS-Systeme den Eingang in den betrieblichen Alltag gefunden haben.

Der Einsatz von Computer-Aided-Software-Engineering (CASE) zur Entwicklung eines Informationsmanagementsystems für betriebliche Umweltinformationssysteme

Hans-Knud Arndt, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin
Marian Rolke, freier Mitarbeiter der Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, Potsdam

1. Einleitung

Die umfangreichen Anforderungen, die aus den komplexen Aufgaben eines effektiven betrieblichen Umweltmanagements erwachsen, sind ohne Unterstützung durch die moderne Informationstechnik nicht zu bewältigen. Bei einer Verwendung der Informationstechnik ohne ein umfassendes Systemkonzept lassen sich jedoch die Vorteile einer fachübergreifenden Betrachtung nicht erschließen.

Der Aufbau eines betrieblichen Umweltinformationssystems sollte schrittweise und koordiniert als Verbund miteinander vernetzter Systemkomponenten unter Integration vorhandener oder im Aufbau befindlicher Systeme und Ressourcen erfolgen.

Zur Bestimmung des Ausgangspunktes der Arbeiten sollte deshalb eine detaillierte Aufnahme des Ist-Zustandes, d.h. der im Rahmen des betrieblichen Umweltschutzes bestehenden Aufgaben, der vorhandenen Datenbestände, Informationsflüsse und DV-Verfahren vorgenommen werden. Bestehende Vernetzungen hinsichtlich der Aufgaben und des Datenbedarfes sollten aufgezeigt werden, um den vorhandenen Koordinierungsbedarf zu verdeutlichen. Die Vorstellungen und Anforderungen der Organisationseinheiten eines Unternehmens sind zu berücksichtigen.

Dabei ist zu definieren, unter welchen Rahmenbedingungen der Aufbau des betrieblichen Umweltinformationssystems erfolgen soll, d.h.

- die erforderlichen organisatorischen Maßnahmen,
- die Strukturierung in Systemkomponenten,
- die zeitliche Abfolge und Prioritäten,
- die Festlegung von Teilprojekten und Folgeaktivitäten,
- der überschlägige Mittelbedarf.

Ausgehend von diesen zu definierenden Rahmenbedingungen ist die Grundlage für die fachliche Konzeption des betrieblichen Umweltinformationssystems zu erarbeiten. Besondere Bedeutung hat die Festlegung von Standards und die Schaffung eines Instrumentariums zum Management der Informationen: **das Informationsmanagementsystem.**

Der Einsatz von Computer-Aided-Software-Engineering (CASE) kann dabei die gesamte Entwicklung eines Informationsmanagementsystems mit Hilfe verschiedener Werkzeuge - den CASE-Tools - unterstützen.

2. Informationsmanagement im betrieblichen Umweltschutz

2.1 Ziele des Informationsmanagements

Für ein erfolgreiches betriebliches Umweltmanagement müssen in großem Umfang und mit hohem Ressourceneinsatz Umweltdaten erhoben, verarbeitet und gespeichert werden. Die Information über vorliegende Daten verbleibt dabei häufig innerhalb der Organisationseinheit. Jede Abteilung hat seine spezielle, fachlich definierte Sicht auf ein bestimmtes Segment der Umwelt. Ein Sachbearbeiter, der Aufgaben zur Erfüllung gesetzlicher Vorschriften wahrnimmt, wird eine direkte sektorale Sicht auf die Umwelt haben, während die Unternehmensleitung Umweltdaten fachübergreifend aus allen Umweltbereichen in einer hochaggregierten Form benötigt. Es ist die Aufgabe des betrieblichen Umweltmanagements, die benötigten Umweltdaten möglichst vollständig, zuverlässig und aktuell zu halten und vor allem kostengünstig zu nutzen.

2.1.1 Bereitstellung von Umweltinformationen

Qualitative Umweltinformation ist die Voraussetzung für zielgerichtetes Handeln im Umweltbereich. Um die Umweltdaten allen Interessierten zur Verfügung zu stellen, ist ein **Informationsmanagement** erforderlich, das mindestens Auskunft über die Art der Umweltdaten, ihre Erhebungsmethoden und ihren Standort sowie den Zugriff auf diese Daten gibt.

Ob diese Aufgaben ohne DV-Unterstützung oder dv-gestützt durchgeführt werden, ist für den Nutzer im Hinblick auf die Bereitstellung von Umweltinformationen zunächst sekundär. In einem ersten Schritt sollte deshalb ein **Informationsmanagementsystem** aufgebaut werden, in dem **alle Aufgaben** des betrieblichen Umweltmanagements **mit den relevanten Umweltinformationen** erfaßt sind.

2.1.2 Koordination der Umweltinformationen

Eine Koordinierung der Pflege und Entwicklung von Umweltdatenbeständen ist unerläßlich. Die Ressource Information ist so zu gestalten, daß sie möglichst effektiv, vollständig, korrekt und kostengünstig von vielen Anwendern genutzt werden kann.

Der Weg zur Realisierung der genannten Ziele führt über den Entwurf eines **Modells der Umweltinformationen** (Kap. 3):

Aus der komplexen und vernetzten Umwelt werden selektiv Elemente (Umweltobjekte) abgeleitet. Maßstab für die Abgrenzung dieser konkreten Ausschnitte sind die Sichten (Betrachtungsweisen) der in einem Unternehmen Beschäftigten auf die Umwelt.

Die Heterogenität der Sichten auf die Umwelt erfordern eine sinnvolle Strukturierung. Die einzelnen Sichten lassen sich nach mindestens drei unterschiedlichen Dimensionen kategorisieren:

- Die politische/gesellschaftliche Sicht unterscheidet nach Interessenlagen, die sich je nach politischem/gesellschaftlichem Umfeld ändern können. Die Unternehmensleitung hat im Gegensatz zum Arbeitnehmer in der Produktion eine unternehmenspolitische Ebene, der Sachbearbeiter agiert in einer abteilungstechnischen Ebene und der Wissenschaftler arbeitet auf der analytischen Ebene.
- Die organisatorische Sicht trennt die Umwelt nach Abteilungsebenen. Hier sind insbesondere die Gruppenleiter/Meister, die Abteilungsleiter und Unternehmensleitung zu nennen.
- Die fachliche Sicht ist innerhalb einer Abteilungsebene angesiedelt. Sie bildet den Aufgabenbezug der einzelnen Fachabteilungen ab.

Aus unterschiedlichen Betrachtungsweisen der Umwelt, unter den drei oben definierten Ebenen "politische/gesellschaftliche Sicht, organisatorische Sicht und fachliche Sicht" lassen sich Umweltobjekte definieren, die sich wiederum aus unterschiedlichen Informationselementen (Daten, Methoden) zusammensetzen. Die Darstellung der Struktur solcher Umweltobjekte aus einer bestimmten Sicht, d.h. die Gruppierung von Informationselementen zu Umweltobjekten, wird als Umweltmodell bezeichnet. Die Schwierigkeit der Transparenz dieser Modelle entsteht dadurch, daß Interaktionen zu anderen Modellen vorhanden sind und somit die Navigierbarkeit bezüglich der Daten, des Methodenumfangs und -inhalts extrem erschwert wird.

Der notwendige Datenaustausch innerhalb eines Unternehmens sowie zwischen dem Unternehmen und seinem Umfeld, kann z. B. schon bei der Datenbereitstellung erschwert werden. Welche Daten kann ein Unternehmen erheben, welche Qualität haben diese Daten, sind diese Daten vergleichbar mit Daten aus anderen Unternehmen gleicher Branche? Was verbirgt sich hinter einem Datenobjekt, ein freier Text, ein Schlüssel, in welcher Länge, in welchem Format? Mit welcher Methode wurden die Daten gewonnen? Dies sind nur einige wenige Fragen, deren Beantwortung jedoch unbedingt erforderlich ist, um einen Datenaustausch, z. B. zwischen unterschiedlichen Abteilungen, realisieren zu können.

Diese Anforderungen führen dazu, daß ein Instrument geschaffen werden muß, das diese Fragen beantworten kann und somit ein Navigieren in Daten- und Methodenbeständen ermöglicht. Dieses Instrument ist das Informationsmanagementsystem.

Möglichkeiten und Grenzen eines unternehmensbezogenen Umweltinformationsmodells

Anhand von Datenobjekten, die in einem Informationsmanagementsystem hinterlegt werden sollen, lassen sich für abgegrenzte Bereiche (z. B. Aufgabe, -Anwendung, Fachinformationssystem und Umweltmanagementsystem) Datenmodelle[1] ableiten. Diese Datenmodelle sind jedoch noch isoliert, da sie noch nicht mit anderen Datenmodellen abgestimmt wurden.

---

[1] Definition Datenmodell: "Ein Datenmodell ist das Organisationsprinzip, nach dem Daten über Objekte sowie über die Beziehungen zwischen den Objekten in einer Datenbasis abgespeichert werden. Durch das Organisationsprinzip wird eine bestimmte Menge von erlaubten Operationen festgelegt, die damit zum festen Bestandteil des Datenmodells werden. Die ver-

Es muß ein **Instrumentarium** geschaffen werden, das die unterschiedlichen, isolierten Modelle in einem unternehmensbezogenen Umweltinformationsmodell integriert. Der erste Schritt zum Aufbau eines Umweltinformationsmodells ist die Erstellung eines **ökologischen Unternehmensmodells**[2].

Das unternehmensbezogene Umwelt-Methodenmodell, das gemeinsam mit dem Umweltdatenmodell das unternehmensbezogene Umweltinformationsmodell ergibt, wird später realisiert, da Nutzen und Machbarkeit eines Umweltdatenmodells höher einzuschätzen sind, als die Methodenmodellierung. Die Umweltdatenwelt ist meistens stabiler als die Methoden, die auf diese Daten zugreifen und sie manipulieren. Hier sollte angestrebt werden, die Funktionalität von Umweltanwendungen und -aufgaben zu beschreiben, so daß die Datenmodelle auch für Außenstehende verständlich sind und aus der Addition von solchen Methodenbeschreibungen der Vorläufer eines Methodenmodells entsteht. Erster Schritt dazu ist die Modellierung von Aufgaben in Aufgabenbäumen, wobei Aufgaben in Hauptaufgaben und Teilaufgaben unterteilt werden.

Ein **Datenmodell** wird definiert als graphische und/oder verbale Notationen, welche die Struktur von Daten verdeutlichen und festlegen. Mit Struktur ist die Gruppierung von zusammengehörigen und charakterisierenden Daten zu Umweltobjekten gemeint (fachlich als Entitäten bezeichnet). Zur Datenstruktur gehört außerdem die Beschreibung von Beziehungen zwischen den gebildeten Entitäten. Das integrierte Datenmodell aller betrachteten Entitäten von Fachinformationssystem-/ Managementsystem-Datenmodellen des betrieblichen Umweltschutzes wird als **ökologisches Unternehmensmodell** bezeichnet.

Die Realisierung eines ökologischen Unternehmensmodells geschieht nicht kurzfristig, sondern erfordert einen langen Abstimmungsprozeß, um einen strukturierten und schnellen unternehmensweiten Zugriff auf Umweltdaten zu ermöglichen.

---

schiedenen Datenmodelle unterscheiden sich hauptsächlich durch die Darstellungsform der Beziehungen, die zwischen den durch die Daten repräsentierten Objekten bestehen [1].

[2]Martin Dürr und Stefan M.Lang - die sich als wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation der Universität Karlsruhe (Fakultät für Informatik) mit dem Einsatz von Datenbanksystemen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern beschäftigen - haben in [2] zum Problem der datenbezogenen unternehmensweiten Heterogenität u.a. folgendes veröffentlicht: "Seit einigen Jahren wird in einigen - meist größeren - Unternehmen an unternehmensweiten Datenmodellen gearbeitet. Hier geht es darum, die in einem Unternehmen verfügbare und anfallende Information modellhaft zu strukturieren, zu dokumentieren und die gegenseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten klar aufzuzeigen. Das Ziel ist die Verfügbarkeit umfassender Information über die Informationsressourcen eines Unternehmens in einem globalen Datenschema ... Bei Informationsbedarf im Rahmen neuer Projekte kann durch ein solches Modell bereits frühzeitig festgestellt werden, von welchen Stellen im Unternehmen welche Informationen zur Verfügung gestellt werden und auf welche Weise diese Information weitergegeben und genutzt wird. **Unternehmensweite Datenmodelle werden in der Zukunft eine wesentliche Rolle besonders in größeren Unternehmen spielen, die aufgrund ihrer organisatorischen und informationstechnischen Struktur besondere Probleme mit der Vielfalt der Informationsquellen sowie einer Unzahl von Verarbeitungsressourcen haben.**"

Bei neuen oder schon vorhandenen DV-Anwendungen, muß eine Datenmodellierung durchgeführt werden. Auch wenn die Integration von einzelnen Datenmodellen in ein ökologisches Unternehmensmodell nicht immer gelingt, weil z. B. DV-Anwendungen schon vorhanden waren, bevor Vorgaben für standardisierte Datenstrukturen erarbeitet werden konnten, können Abweichungen modelliert und dokumentiert werden. Die Entscheidung, ob diese DV-Anwendung später erweitert oder völlig neu zu gestalten ist oder nur ein Datenkonverter geschrieben werden muß, kann mit diesem Wissen jedoch viel exakter erfolgen.

Die Erkenntnisse aus den Datenmodellen dieser Anwendungssysteme fließen in ein **zentrales Umweltdatenmodell** ein. Nach und nach wird somit das ökologische Datenmodell zu einem Instrumentarium für eine Vereinheitlichung und Integration der unterschiedlichen Datenmodelle.

Die zunehmende Komplexität eines ökologischen Unternehmensmodells führt dazu, daß aus diesem detaillierten Modell ein verdichtetes Datenmodell abgeleitet werden wird, um die Information über Daten und Datenstrukturen zu verbessern. Als analoges Beispiel sei der Gebrauch von Detail- und Übersichtskarten genannt. Diese Verdichtung erfolgt dadurch, daß Entitäten (Relationen) sinnvoll zusammengefaßt (geclustert) werden. Ein verdichtetes Datenmodell faßt mehrere geclusterte Entitäten zusammen. Alle geclusterten Entitäten aus dem Umweltdatenmodell werden zu dem **verdichteten Unternehmensumweltdatenmodell** zusammengefaßt. Das verdichtete Datenmodell gibt dem Anwender in aggregierter Form einen Überblick über das im Laufe der Zeit immer vollständigere Umweltdatenmodell.

Das verdichtete Umweltdatenmodell hat aber auch noch andere Aufgaben wahrzunehmen. Es ermöglicht das Navigieren in Umweltdatenbeständen eines Unternehmens mit Hilfe von **Meta-Daten** und versetzt den Anwender in die Lage, Informationen über diese Umweltdaten zu erhalten [3] wie z. B.:

- Herkunft der Daten,
- Erfassungs- und Aktualisierungsverantwortung,
- Zugriffsmodalitäten,
- Kommunikationswege,
- Datenstruktur der Fachinformationssysteme/Anwendungssysteme,
- Aggregation der Daten,
- Klassifikation der Daten,
- Schnittstellen.

2.2 Ein Informationsmanagementsystem für betriebliche Umweltinformationssysteme

Ein **Informationsmanagementsystem** ermöglicht das oben beschriebene Navigieren durch Umweltdatenbestände und unterstützt bei der Koordinierung und Lenkung von DV-Vorhaben.

Das Informationsmanagementsystem für ein betriebliches Umweltinformationssystem soll im Sinne der bestehenden Anforderungen (Kap. 2.1) ein Meta-Informationssystem sein. Damit ist es

- ein Managementsystem zur Verwaltung der Umweltdatenbestände und
- ein Auskunftssystem zur Nutzung von Umweltdatenbeständen,
- ein Instrument zur Koordinierung und Steuerung von IT-Vorhaben.

Somit schafft es Transparenz über die vielfältigen Aufgaben in den Abteilungen eines Unternehmens, die komplexen Informationsflüsse innerhalb dieses Systems und zu externen Partnern, wie Behörden, Kunden, Zulieferern, Banken, und Versicherern, und die zugehörigen Umweltdaten.

2.2.1 Anforderungen und Aufgaben

Aufgrund der Komplexität der unterschiedlichsten Arbeitsabläufe in einem Unternehmen sowie der hier definierten Zielsetzung, sämtliche Informationsverarbeitungsprozesse mit den dazugehörigen Daten und Informationsflüssen in einem Meta-Informationssystem abzubilden, bedarf es der Abstraktion bei der Modellentwicklung. In einem ersten Schritt müssen die Informationsverarbeitungsprozesse der Abteilungen eines Unternehmens auf Aufgaben mit Dateneingaben und Ausgaben abstrahiert. Die Aufgaben werden in Teilaufgaben gegliedert. Die Erfassung sämtlicher Ein- und Ausgaben zu einer Aufgabe ist von großer Bedeutung, denn nur so erhält man Informationen über Informationsflüsse mit den dazugehörigen Daten. Zur Erfassung dieser Informationen können Interviews durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden zunächst in Tabellen dargestellt. Die Arbeit mit diesen Informationen (z. B. komplexe Suchfragen über Datenobjekte und Informationsflüsse) setzt ein dv-gestütztes Informationsmanagementsystem voraus, in dem diese Daten abgespeichert werden.

Das Informationsmanagementsystem soll detailliert folgende Aufgaben im Rahmen eines betrieblichen Umweltinformationssystems abdecken:

a) Das Informationsmanagementsystem als Instrument zur Analyse und Fortschreibung der Ist-Aufnahme

- Auswertung und Fortschreibung der Interviewtabellen

Ohne DV-Anwendung der Interviews ist eine schnelle Suche nach bestimmten Informationen (z. B. Schnittstellen, Daten, Aufgaben etc.) nicht möglich. Das Informationsmanagementsystem soll die Informationen dieser Tabellen enthalten und standardisierte Suchfragen anbieten, um nach den unterschiedlichsten Kriterien den Datenbestand auszuwerten.

- Visualisierung der Interviewtabellen

Die graphische Visualisierung von Aufgabenbäumen, Datenstrukturen und Informationsflüssen hilft, komplexe Sachverhalte leicht verständlich darzustellen.

b) Das Informationsmanagementsystem als Koordinierungs- und Lenkungsinstrumentarium

• Festlegung von Datenverantwortlichkeiten

Auswertungen über alle Datenobjekte, die mehreren Aufgabenträgern zugeordnet sind, zeigen möglicherweise ungeklärte Datenverantwortlichkeiten auf. Mehrfache Verantwortlichkeiten für die Datenpflege eines Datenobjektes führen zu Dateninkonsistenzen und sollten vermieden werden. Es sollte nur ein Aufgabenträger für die Pflege eines Datenobjektes verantwortlich sein; andere Aufgabenträger haben dann nur einen lesenden Zugriff auf dieses Datenobjekt.

• Beschaffung von DV-Anwendungen

Die bisher beschriebenen Aufgabenfelder des Informationsmanagements begleiten den kontinuierlichen Aufbau eines betrieblichen Umweltinformationssystems. Bei jeder geplanten Änderung oder Neuerung im IT-Bereich sind der IT-Koordinierung standardisierte Angaben zu übergeben, die mit den Zielvorgaben verglichen und aus denen gegebenenfalls Handlungsanweisungen abgeleitet werden. So sollte jede neue oder zu erweiternde DV-Anwendung über ein DV-Projekt-Antragsformular zur Genehmigung angemeldet und dokumentiert werden, wobei im Antragsformular mindestens folgende Angaben enthalten sein sollten:

- Nennung der Aufgaben, die mit dem neuen DV-Verfahren abgedeckt werden sollen,
- Beschreibung der Funktionen und deren Informationsverarbeitung,
- Nennung weiterer, die Daten nutzende/verarbeitende Aufgaben/Funktionen,
- organisatorischen Auswirkungen mit Bezug auf die IT (IT-Personal, Ausbildung),
- bestehende Hard- und Softwareinstallationen,
- Allgemeine Informationsschnittstellen des Anwendungssystems,
- DV-Schnittstellen für den Datenaustausch zu anderen DV-Anwendungen,
- Beschreibung der Datenverwaltung,
- Beschreibung der Inhalte der Informationsflüsse, der Datenobjekte (Entitäten),
- Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Entitäten als fachliche Beziehungen in einem Datenmodell.

Eine Selektion im Informationsmanagementsystem über die im Antragsformular beschriebenen Datenobjekte gibt Auskunft darüber, in welchen Abteilungen eines Unternehmens diese Datenobjekte ebenfalls genutzt werden.

So kann z.B. vermieden werden, daß eine Betreiberdatenbank mehrfach aufgebaut wird, wenn auf den bestehenden Datenbestand einer anderen Abteilung zugegriffen werden kann. Oder es läßt sich aus Anlaß eines DV-Antrags für ein spezielles Informationssystem (z.B. ein Gefahrstoffinformationssystem) der im gesamten Unternehmen mögliche Bedarf für solche Systeme genauer abschätzen und in Vorschläge für ein einheitliches, den breiten Anforderungen genügendes System umsetzen.

Diese Informationen sind des weiteren Voraussetzung für mögliche Vereinbarungen im Bereich der Datenhaltung. Deren Ziel ist eine unkomplizierte, schnelle und einheitliche Bereitstellung der Umweltdaten.

Datenbanksysteme können nach den fachlichen Anforderungen ausgewählt werden, müssen jedoch über standardisierte Schnittstellen miteinander kommunizieren können. Die Dimensionierung der Systeme und der Vernetzung kann den zu speichernden und zu übertragenden Datenmengen angepaßt sein.

Der Zugriff auf die Daten kann durch eine einfache und einheitliche Abfragesprache jedem Sachbearbeiter möglich sein.

- Aufgaben-, datenspezifische Auswertungen

Das Informationsmanagementsystem dient als Koordinierungs- und Lenkungsinstrumentarium. Es stellt dar:

- für welche Aufgaben bestimmte Daten benötigt werden,
- welche Hard- u. Software für die Verwaltung dieser Daten genutzt wird und
- über welche Aufgabenschnittstellen Daten ausgetauscht werden.

Auswertungen aller Aufgaben pro Abteilung und eine Gesamtauswertung aller Aufgaben eines Unternehmens können erste Informationsbedarfsüberschneidungen und Redundanzen bei der Informationsspeicherung deutlich machen. Eine Ausgabe aller Aufgaben (lexikographisch sortiert) und die manuelle Untersuchung des Ergebnisses helfen bei der Informationsanalyse. Im Hinblick auf die notwendige Umweltdatenmodellierung ermöglicht eine Sortierung aller Daten pro Aufgabe die Aufdeckung von Synonymen bzw. Hononymen. Synonyme sind unproblematisch, wenn sie eindeutig einem Datenobjekt zugeordnet werden. Hononyme sollten eliminiert werden, da gleiche Namen für unterschiedliche Datenobjekte zu Mißverständnissen führen, deshalb sollten Begriffe eindeutig definiert sein.

c) Das Informationsmanagementsystem als Instrument des Datenmanagements

Das Managementsystem bietet den Informationsverantwortlichen eines Unternehmens die Voraussetzungen für die Befriedigung der Interessen der Nutzer nach aktuellen und anforderungsgerechten Daten.

Das Datenmanagement erstreckt sich über

- die Datenmodellierung und damit die Datenbezeichnung und -struktur,
- das Datenbankdesign und die Datenhaltungstechnik,
- organisatorische Regelungen zum Datenaustausch und
- auf den Datenschutz.

Ohne Datenmanagement entstehen in den einzelnen Abteilungen eines Unternehmens Fachanwendungen, die in verschiedensten und zusammenhanglosen Entwicklungsumgebungen geplant und realisiert werden. Es gibt keine oder nur unverbindliche Metainformationen. Folglich können Fachanwendungen nicht überschneidungsfrei gegeneinander abgegrenzt werden. Fachanwendungen werden mit "eigener" Datenbasis betrieben, die mehr oder weniger kompatibel zu anderen Datenbeständen und Aktualitätsständen ist. Die sich ständig vergrößernde Umweltdatenflut wird nicht mehr sinnvoll handhabbar.

Eine Aussage darüber, welche Daten und Methoden in einem Unternehmen vorhanden sind, ist nicht möglich.

Die Konsequenz ist, daß immer mehr Daten in den unterschiedlichen Fachanwendungen und Fachinformationssystemen zur Verfügung stehen, daß jedoch der Informationsgewinn nicht proportional zur Datenmenge steigt. Im Sinne der vielfachen Verwendung der Umweltdaten müßte bereits bei der Datenerhebung und -aufbereitung dafür Sorge getragen werden, daß weitgehend die Anforderungen aller potentiellen Nutzer berücksichtigt werden (im Rahmen des Datenschutzes). Jedem Nutzer muß dazu auch die Methodik der Datenerhebung und -verarbeitung durch das Informationsmanagementsystem angezeigt werden können.

Auch eine Vernetzung kann die Informationsbereitstellung nur dann erhöhen, wenn die bereitgestellten Daten zueinander kompatibel sind. Die Sicherstellung der Kompatibilität ist eine Aufgabe des Informationsmanagements. Es reduziert außerdem die Redundanz von Daten und damit verbundene Kosten, denn redundante Daten müssen redundant gepflegt werden. Die **Erstellung des Informationsmanagementsystems** und die Definition von Subsystemen auf Basis der Analyse desselben **sind erste und wichtige Schritte zu einem effektiven Informationsmanagement.**

Ein Informationsmanagementsystem hilft, Fehlentwicklungen frühzeitig zu vermeiden, indem mittels eines einheitlichen Analyse- und Entwicklungstools die Umweltdatenmodellierung vollständig, korrekt und redundanzfrei durchgeführt wird. Weiterhin wird durch dieses Tool transparent:

- wie ein Datenobjekt definiert ist,
- wie ein Informationsfluß beschrieben ist und
- in welcher fachlichen Beziehung die Datenobjekte zueinander stehen.

• Aufgaben- und datenspezifische Auswertungen

Da Datenmanagement auch die Information über Daten und datenverarbeitende Aufgaben einschließt, ist die Darstellung dieser Informationen in sogenannten Strukturbäumen erforderlich. Bei den Aufgaben entstehen Aufgabenbäume und bei den Daten werden Datenstrukturen sichtbar, die einen ersten Schritt zum Datenmodell darstellen.

• Eingaben/ Ausgaben (Informationsflüsse)

Datenmanagement beinhaltet die Information über externe und interne Datenschnittstellen. Welche Informationen fließen in eine Abteilung eines Unternehmens ein oder werden für eine Aufgabe benötigt und wer liefert die Information? Welche Informationen werden von einer Abteilung ausgegeben oder werden von einer Aufgabe als Ausgabe geliefert und wohin gelangen dies Informationen? Diese Fragen nach der Unterteilung der Schnittstellen in abteilungsinterne und unternehmensinterne sowie externe Schnittstellen (wie z.B. Behörde, Banken) sollten von einem Informationsmanagementsystem beantwortet werden.

2.2.2 Entwurf des Informationsmanagementsystems

Aus den beschriebenen Anforderungen kann bereits ein erstes Datenmodell (s. Abb. 2) eines Informationsmanagementsystems für ein betriebliches Umweltinformationssystem (s. Abb. 1) entwickelt werden, welches aus folgenden Teilen besteht :

- Einem Umwelt-Datenkatalog mit den Datenobjekten des Unternehmens,
- Den anforderungsspezifischen Erweiterungen

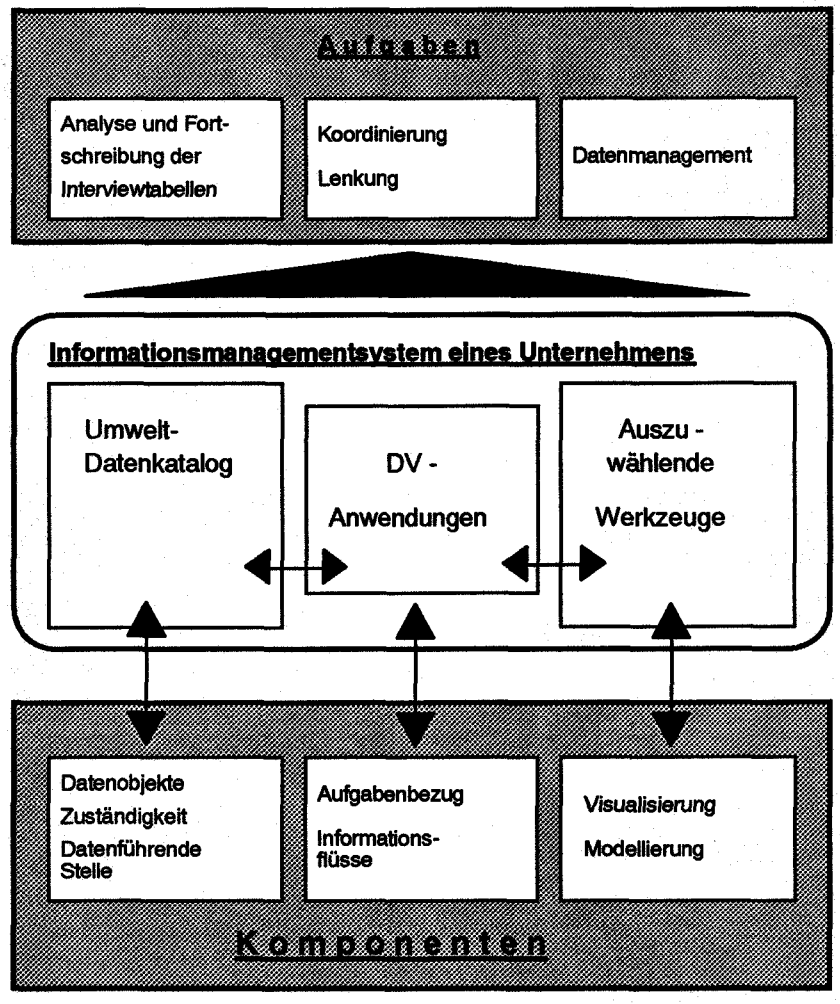

Abbildung 1: Informationsmanagementsystem

Umwelt-Datenkatalog

Ein Umwelt-Datenkatalog (UDK) ist ein Werkzeug mit dem Hauptziel, die in einem Unternehmen verfügbaren umweltrelevanten Daten und Methoden transparent zu machen. Er ist als Meta-Informationssystem konzipiert.

In und mit dem UDK sollen alle Informationen darüber geführt werden,

- welche für den Umweltbereich relevanten Informationen und Methoden es gibt,
- in welchen Teilsystemen bzw. anderen Abteilungen sie geführt werden und
- über welche Kommunikationswege auf sie zugegriffen werden kann.

Erste Erfahrungen mit dem Einsatz eines Umwelt-Datenkatalogs wurden im Rahmen von überbetrieblichen Umweltinformationssystemen bei der Erstellung des Umwelt-Datenkatalogs für das Land Niedersachsen gemacht. Das Konzept Niedersachsens sieht vor, den Umwelt-Datenkatalog als Informationssystem über Umweltinformationen zu nutzen und umweltrelevante Daten und Methoden aufzuzeigen. Als Auskunftssystem soll der Katalog jedem Mitarbeiter der Umweltverwaltung den Weg zu Umweltinformationen aufzeigen. Im Sinne der zuvor beschriebenen Funktionen eines Informationsmanagementsystems soll der Datenkatalog als ein Hilfsmittel zur Planung und Steuerung der Entwicklung komplexer Umweltinformationssysteme eingesetzt werden [3].

Der Umwelt-Datenkatalog Niedersachsen in der PC-Version von Ende 1991 zeigte den nachfolgend beschriebenen Funktionsumfang:

Grundlage des Umwelt-Datenkataloges ist ein Hierarchiebaum für Umweltobjekte. Jedes Umweltobjekt erhält eine Klassifizierungsnummer[3], die seine Hierarchieebene kennzeichnet. Über eine einfache Suchfunktion kann man ein Umweltobjekt recherchieren, sich diese Klassifizierungsnummer anzeigen lassen und im Hierarchiebaum blättern.

Änderungen in diesem Baum, der durch seine Struktur ein erstes Schema für ein Umweltdatenmodell darstellt, können über einen weiteren Menüpunkt vorgenommen werden.

Jedes Objekt kann über

- die Bezeichnung/Suchbegriffe,
- die Zuständigkeit und
- die detaillierten Attributbeschreibung

zusätzlich erläutert werden. Über ein Adressregister können Aufgabenträger eingegeben und recherchiert werden.

---

[3]Die Nummerierung erfolgt über eine fortlaufende dekadische Notation, z.B. 01.06.03.23.01. Siehe auch Kästen 1 bis 4 auf den folgenden Seiten, die Ausschnitte aus dem Hierarchiebaum zeigen.

Fachliche Struktur - Normen - Definitionen - Tabellen - Methoden

Auswahl: 01 - 03.08.05.09

01 **Soziale Umwelt - soziokulturelle Umwelt**

01.01 Soziodemographische Fakten

01.02 Infrastruktur

01.03 Informationswesen

01.04 Externe Umweltdaten - Umwelt-Datenkataloge

02 **Natürliche Umwelt**

02.01 Boden

02.02 Wasser

02.03 Luft

02.04 Klima

02.05 Natur und Landschaft

03 **Wirtschaftliche Umwelt (Versorgung)**

03.01 Landwirtschaft

03.02 Nahrung und Veterinärwesen

03.03 Gewerbe und Industrie

03.04 Abfall

03.05 Lärm

03.06 Verkehr

03.07 Energie

03.08 Radioaktivität und Strahlung

Kasten 1: Ausschnitt aus dem Hierarchiebaum des UDK-NS (bis zur 2. Hierarchieebene)[4]

[4]Die Ausschnitte aus dem Hierarchiebaum des UDK-Niedersachsen stammen aus der inzwischen verworfenen PC-Version der IBM von Ende 1991

01.02.04.03.05.03 Einrichtungen und Bauwerke an Gewässern
01.02.04.03.05.03.01 Durchlaß
01.02.04.03.05.03.02 Talsperre, Wehr
01.02.04.03.05.03.03 Schleuse
01.02.04.03.05.03.04 Pegel
01.02.04.03.05.03.05 Uferbefestigung

Kasten 2: Ausschnitt aus einer tieferen Ebene des Hierarchiebaumes

02.01.02.02.03.09 Frostbodenbildungen
02.01.02.02.03.09.01 Geschiebedecksand
02.01.02.02.03.09.02 Thermakarst
02.01.02.02.03.09.03 Kryoturbation
03.06.03.03.07 Verkehrsmittel des Militärs
02.01.02.02.03.09.04 Eiskeilspalte
02.01.02.02.03.09.05 Pingo

Kasten 3: Unterteilung einer 6. Ebene aus dem Hierarchiebaum des UDK-NS

03 Wirtschaftliche Umwelt (Versorgung)
03.06 Verkehr
03.06.03 Verkehrsnetz
03.06.03.03 Verkehrsaufkommen Straße
03.06.03.03.01 Öffentliche Verkehrsmittel
03.06.03.03.02 Private Verkehrsmittel
03.06.03.03.03 Gewerblicher und industrieller Verkehr
03.06.03.03.04 Verkehrsmittel aus dem Sozialwesen (Feuerwehr, Krankenwagen)
03.06.03.03.05 Verkehrsmittel der Polizei
03.06.03.03.06 Verkehrsmittel der Post

Kasten 4: Ausschnitt zur Veranschaulichung der Hierarchiefolge über die dekadische Notation zu einem Umweltdatenobjekt hin

Informationsflüsse und Aufgabenbezüge können jedoch in der heutigen Version (1992) des Umwelt-Datenkataloges Niedersachsen noch nicht abgebildet werden.

Das Konzept des Umwelt-Datenkatalog Niedersachsen erfüllt viele der Anforderungen an das Informationsmanagement. Die Strukturierung und Klassifizierung der Datenobjekte muß jeweils im Unternehmen vorgenommen werden und sollte mit den Abteilungen abgestimmt werden.

Anforderungsspezifische Erweiterungen des Umwelt-Datenkatalog-Konzepts

Aus den in 2.2.1 spezifizierten Anforderungen "Informationsmanagement, Steuerung/Koordinierung und Visualisierung der Tabelleninhalte" ergibt sich eine Erweiterung der abzubildenden Entitäten gegenüber dem UDK-Konzept:

- **Umweltdatenobjekt**
  - diverse. beschreibende Attribute, wie Objektschlagwort, Hierarchienummer
  - Erhebungsmethodik des Datenobjektes
  - Beschreibung der zugehörigen Datei
- Die das Objekt verwaltende **Aufgabe**
  - diverse beschreibende Attribute zur Aufgabe, wie Schlagworte, Hierarchienummer
  - Adresse des Aufgabenträgers
  - Informationsflüsse zu und von einer Aufgabe
  - Schnittstellen einer Aufgabe (andere Aufgaben und Externe)
  - Hard- und Softwarebestand zu einer Aufgabe
  - aufgabenbezogenen DV-Projekte
  - gesetzliche Grundlagen der Aufgabe

Die Erweiterung sollte folgende Beziehungen zu den Umweltdaten abbilden:

- Bezug der Daten zu einer Aufgabe, d.h. welche Daten von einer Aufgabe genutzt oder benötigt werden,
- Bezug der Daten zur IT-Ausstattung, d. h. welche Systeme verarbeiten die Daten und welche Anforderungen werden an Auslastung und Performance gestellt,
- Darstellung der Schnittstellen, über die der Datenaustausch erfolgt,
- Beschreibung des Funktionsablaufes zur Datenverarbeitung und damit auch Beschreibung der Methodik der Datenerhebung und -aggregierung,
- Beschreibung der Dateiverwaltung/-struktur für Umweltdaten,
- Beschreibung der dv-technischen Zugriffsmöglichkeiten.

Die Umweltdatenmodellierung sollte methodisch unterstützt werden bezüglich

- der Definition und Beschreibung der Datenobjekte (Entitäten),
- der eindeutigen Bezeichnung und Beschreibung der Informationsflüsse und
- der Beschreibung der Beziehungen zwischen Entitäten.

Schwerpunkt der erweiterten Anforderungen an das Informationsmanagement ist der Aufgabenbezug. Berücksichtigt werden soll die Hauptaufgabe mit den zugehörigen Teilaufgaben, die sich, wie die Umweltdaten, in einer Baumstruktur abzubilden sind.

Konzeptionelles Schema des Informationsmanagementsystems

Das konzeptionelle Schema beschreibt die logische Struktur der notwendigen Datenobjekte des Informationsmanagementsystem in einem Relationenmodell. Jedes Objekt (Entität) wird durch seine Attribute beschrieben und steht über diese Attribute (Fremdschlüssel) in Beziehung zu anderen Entitäten. Die anforderungsspezifischen Erweiterungen lassen sich in 11 Entitäten abbilden (s. Abb. 2)

Die im Datenmodell dargestellten Relationen (Entitys) stehen in fest definierten Beziehungen zueinander. Die Art der Beziehung (Relationship) sagt aus, wieviele Elemente der Entität A (Nach-Relationsmenge) minimal und maximal zu einem beliebigen Element der Entität B (Von-Relationsmenge) in Beziehung stehen können und umgekehrt (s. Legende von Abb. 2). Die Relationen und ihre Beziehungen werden in einer Tabelle im Anhang beschrieben und erläutert.

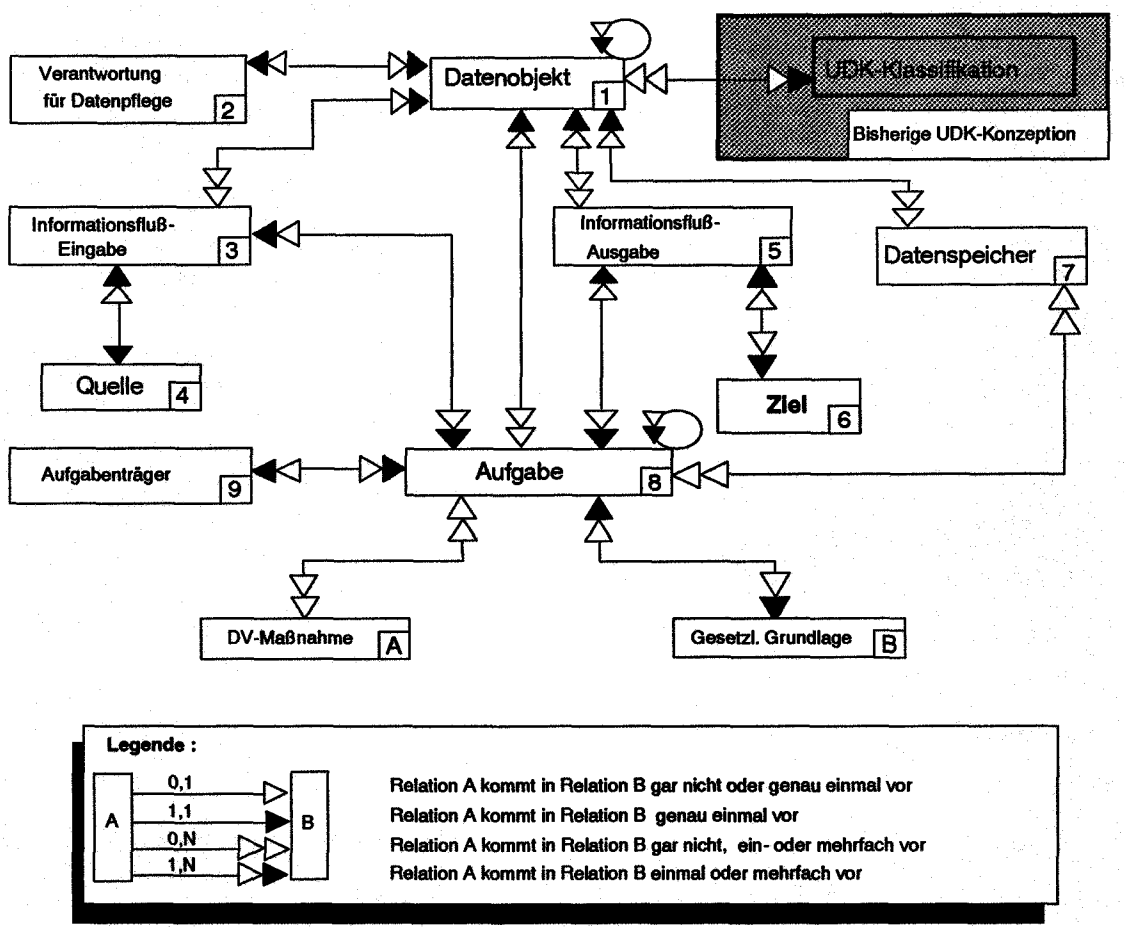

Abbildung 2: Datenmodell eines Informationsmanagementsystems für ein betriebliches Umweltinformationssystem (1. Ausbaustufe, unnormalisiert[5])

[5]Der Begriff "unnormalisiert" bezieht sich auf den großen Komplex der Normalisierung. Die Normalformen und die Wege zu ihrer Verwirklichung sind Gegenstand einer eigenen Theorie,

Informationsschnittstellen des Informationsmanagementsystems (IMS)

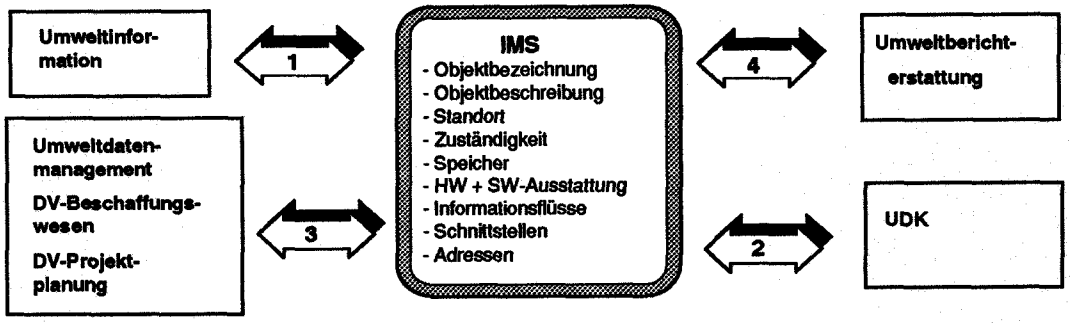

Abbildung 3: Informationsschnittstellen des Informationsmanagementsystems

- Schnittstelle 1, Umweltinformationen:
  Als **Auskunftssystem** wird ein erweiterter Umwelt-Datenkatalog das Retrievalsystem für Umweltinformationen sein. Er liefert den Abteilungen eines Unternehmens Angaben zu den von einem Unternehmen verwalteten Umweltdaten. Eine einfache Menüführung sollte komplexe Suchabfragen nach einem Umweltdatenobjekt ermöglichen und zu einem Treffer eine Beschreibung, die Erhebungsmethode, die Datei und die Zugriffsmöglichkeiten sowie einen Ansprechpartner nennen. Ebenso müssen über entsprechende Menüs Pflege und Änderung dieser Daten möglich sein.
- Schnittstelle 2, Umwelt-Datenkatalog:
  Zur Unterstützung eines einheitlichen Umwelt-Datenkataloges wird eine entsprechende Exportfunktion eingerichtet, die den Umwelt-Datenkatalog des Unternehmens bedient. Wichtiger Bestandteil der Information sind neben den Objektbeschreibungen und Adressen die Hierarchienummern der Datenobjekte.
- Schnittstelle 3, Informationsmanagement:
  Für die Funktion des Informationsmanagements wird der erweiterte Umwelt-Datenkatalog Entscheidungshilfen zum IT-Beschaffungswesen und zur DV-Projektplanung liefern müssen. Jedes DV-Projekt stellt zugleich eine Nutzung und jedes neue Projekt evtl. eine Erweiterung und Verfeinerung des Umweltdatenmodells dar. Entsprechend werden die Angaben darüber auch zur Umweltdatenmodellierung verwendet werden. Die Ergebnisse der Datenmodellierung sind die Grundlage des Informationsmanagements, indem Standards für die Datenbezeichnung und Datenstruktur festgelegt werden, die letztlich auch ihren Niederschlag im Umwelt-Datenkatalog finden.
- Schnittstelle 4, Umweltberichterstattung:
  Zur Bewältigung der Aufgabe der periodischen wie aktuellen Umweltberichterstattung ist es notwendig, Ansprechpartner für Umweltinformationen zu finden oder auf Umweltdaten zuzugreifen. Für die Konzeption einer automatisierten Umweltberichterstattung sind darüber hinaus die Zugriffsmöglichkeiten von Bedeutung.

---

der Normalformlehre. Ziel der Normalisierung ist es, die Relationen über mehrere Stufen der Normalisierung in eine der fünf Normalformen zu überführen. Dadurch soll gesichert werden, daß Redundanzen und Anomalien, letztlich also Inkonsistenzen und Datenverlust verhindert wird [12], [13].

Langfristiges Ziel der Automatisierung ist es, über den Umwelt-Datenkatalog ein Umweltobjekt auszuwählen, eine automatische Verbindung zur entsprechenden Datenbank aufzubauen und mittels eines einfach zu bedienenden Moduls Datenbankabfragen zu starten oder von Fachleuten vorgefertige Abfragen zu nutzen.

2.2.3 Prototyp für ein IMS

Betrachtet man das "Umweltmanagement eines Unternehmens" als System, so besteht es aus einer Menge von Elementen, die miteinander in Beziehung stehen. Die maßgeblichen Systemelemente bilden die Menschen, Aufgaben, Sachmittel und die Informationen. Der Koordinationsanspruch eines betrieblichen Umweltinformationssystems (BUIS) zielt auf die Effektivierung des Einsatzes der Informationen und Sachmittel in diesem System.

Dazu werden analytische Methoden notwendig sein, mit deren Hilfe Informationsbeziehungen ausgewertet und speziell die Datenbankentwicklung in Hinblick auf ein betriebliches Umweltdatenmodell abgestimmt werden kann.

Darüber hinaus sind die zahlreichen Eigenentwicklungen von Software und Datenbanken "BUIS-konform" durchzuführen, daß heißt vor allem auch ausreichend zu dokumentieren.

Diese Überlegungen stehen am Ausgangspunkt bei der Wahl bzw. Erstellung eines Prototypen.

Grundsätzliche Anforderungen an ein IMS-Tool:

Alle angeführten Entitäten eines Informationsmanagementsystems sollten über das Tool und eine entsprechende Erweiterung eingegeben werden können und in Bezug auf ihre Relationen zueinander vielfältig abfragbar sein (Retrievalfunktionen).

Beispiele für Abfragen:

- Zu einer Aufgabe (Funktion) den Aufgabenträger, alle genutzten Umweltdatenobjekte, Speicher, Hardware, Software, interne und externe Schnittstellen auflisten.
- Zu einem Umweltdatenobjekt alle nutzenden Aufgabenträger, Aufgaben, Speicher, Hierarchienummer (Umwelt-Datenkatalog), Objektbeschreibung ausgeben.

Ein Informationsmanagementsystem ist in erster Linie ein operationales System. Es dient der Funktionsoptimierung (Aufgabenzuweisung aus dv-technischer Sicht), der rationellen Verteilung der Finanzmittel und der Softwareentwicklung. Die Funktionalität der Suche nach Datenobjekten im Umwelt-Datenkatalog (Retrievalsystem) wird aus diesem operativen System gespeist.

Das IMS-Tool soll also auch zur Entwicklung, Fortschreibung und Darstellung eines unternehmensbezogenen Umwelt-Datenkataloges genutzt werden können.

2.3 Schlußfolgerungen für die Entwicklung eines Informationsmanagementsystems

Aus Kapitel 2.2 lassen sich zusammenfassend zwei Punkte ableiten:

- Ein unternehmensbezogener Umwelt-Datenkatalog ist zu realisieren.
- Der Einsatz eines SW-Tools für die konsistente Erfassung, die Verwaltung und die Visualisierung der Daten, Aufgaben und Informationsflüsse und das zugehörige Retrieval-Werkzeug sind notwendige Bestandteile des Informationsmanagementsystems.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Aspekte einer Einsatzstrategie:

- Das bisherige Konzept eines Umwelt-Datenkatalog deckt nur einen Teil der Anforderungen an ein Informationsmanagementsystem ab. Dies führt dazu, daß unternehmensspezifische Erweiterungen definiert werden müssen.
- Aussagen über die dv-technische Umsetzung des UDK-NS können zur Zeit nicht getroffen werden, da erst Mitte Juni 1992 das Feinkonzept vorgestellt werden soll und auch die ersten SW-Realisierungen (PC- und UNIX/AIX-Versionen) wieder verworfen wurden. Dennoch sollte die das Konzept des Umwelt-Datenkatalogs weiterverfolgt werden. Eine sinnvolle Integration der unternehmensspezifischen Erweiterungen in das Konzept des Umwelt-Datenkatalogs ist zu realisieren.
- Der Einsatz eines SW-Tools für die Erfassung, Analyse und Visualisierung der Daten, Aufgaben und Informationsflüsse und ein mächtiges Retrieval-Werkzeug sind notwendige Bestandteile des Informationsmanagementsystems.

3. Die Umsetzung eines Informationsmanagementsystem für ein betriebliches Umweltinformationssystem mit Hilfe des Computer-Aided-Software-Engineering (CASE)

Bei der Komplexität des Informations- und Datenmanagement eines Unternehmens mit seinen gewachsenen und sich weiter entwickelnden Daten- und dv-technischem Bestand ergeben sich folgende Vor- und Nachteile bei der Wahl des Weges für eine Umsetzung:

a): Eine Standardsoftware zu finden, die den komplexen Anforderungen gerecht wird, scheint unmöglich. D.h. es wird in jedem Fall eine Anpassung dieser Software an die Gegebenheiten und speziellen Anforderungen an ein Informationsmanagementsystem für ein betriebliches Umweltinformationssystem notwendig. Der Aufwand für die Anpassung kann sich im ungünstigen Fall in der Größenordnung für den Entwurf und die Erstellung eines neuen Systems bewegen, wobei bei einem Neuentwurf die Wahrscheinlichkeit größer ist, das am Ende ein sauber strukturiertes, implementiertes und dokumentiertes Produkt steht.

b): Der Einsatz von Fertigsoftware im Sinne von existenten und schon eingesetzten Umweltinformationssystemen bietet sich natürlich an, ist aber unter den im Kapitel 2 genannten Gesichtspunkten nicht ohne weiteres möglich.

c): Die Erstellung über herkömmliche Programmierung scheint da unausweichlich. Dabei sollten jedoch die neuesten Erkenntnisse über den Prozeß

der Softwareproduktion sowie sie unterstützende Werkzeuge beachtet und zur Anwendung kommen.

d): Im Kontext von Punkt c) bietet sich der Einsatz eines CASE-Tools als Basis eines Informationsmanagementsystems an. Diese scheinbare Zweckentfremdung eines Softwareentwicklungswerkzeuges (ohne Generierung von Anwendungen/Software) hat, gerade in den ersten Phase durchaus ihren Sinn, da CASE-Tools die Methoden und Werkzeuge bieten (s.u., Kap. 3.3.2 und Kap. 3.3.4), um das Informationsbeziehungssystem des betrieblichen Umweltmanagements zu analysieren und jederzeit qualifizierte Abfragen dazu zu stellen.

3.2 Anforderungen an eine Softwarelösung

Im folgenden werden Eigenschaften von Software, die Anforderungen an sie und dadurch bedingte Probleme bei ihrer Erstellung aufgezeigt.

Software ist abstrakt. Zu ihrem Verständnis können wir unsere Wahrnehmung nicht benutzen. Zugang zum Verständnis von Software hat man nur über beschreibende Mittel wie Texte oder die Erprobung des bereits existierenden Produkts.

Software ist extrem komplex. Bei ihrer Entwicklung müssen in der Regel mehrere Ebenen vom Ausgangsproblem bis zur Realisierung überwunden werden, wobei oft jede Ebene ihre eigene Fachsprache hat, jedoch zwischen den Ebenen Bruchstellen existieren.

Methoden zur Softwareherstellung müssen diesen Eigenschaften Rechnung tragen und dabei die Qualität[6] des entstehenden Produkts als vorrangiges Ziel im Auge haben. Damit aber das Produkt im Einsatz den gestellten Qualitätsanforderungen gerecht wird, müssen wir Anforderungen an seine Beschaffenheit stellen, und daraus wiederum erhalten wir Qualitätsanforderungen an den Herstellungsprozeß. So sind im folgenden Qualitätsanforderungen kurz erläutert aufgelistet, die an das Softwareprodukt im Einsatz heutzutage gestellt werden [4]:

Zuverlässigkeit

- Korrektheit (Liefern von gewünschten Ausgaben für alle in seiner Aufgabenstellung definierten Eingaben),
- Robustheit (Zurückweisen von fehlerhaften Eingaben ohne vorherige sinnlose oder gefährliche Teilberechnungen oder -verarbeitungen),
- Ausfallsicherheit (in Bezug auf ein eventuelles Versagen der technischen Umgebung),

[6] siehe auch DIN 55 350 (Qualität eines Produktes als die 'Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Tätigkeit, die sich auf die Eignung der Erfüllung gegenüber Erfordernissen beziehen').

Sinnvolle Ausnutzung der Betriebsmittel/ Effizienz

- Laufzeit
- Speicher

Angemessenheit

- Durchschaubarkeit (Geeignete und ausreichende Verständlichkeit des Programms für das Zusammenwirken von direkt oder indirekt betroffenen Personen mit dem System)
- autonome Benutzbarkeit durch den Menschen

Änderbarkeit

- strukturell (Fehler oder ungünstige Teilverarbeitungen lokal änderbar ohne Gefährdung des Restprogramms)
- technisch (späteres Umsteigen auf andere Betriebsarten, Betriebs- oder Dateiverwaltungssysteme, Hardware und Peripherie)
- problemorientiert (wegen ungenügend oder irrtümlich ermittelter Anforderungen aus der Problemanalyse; wegen Änderung des organisatorisch-rechtlichen Umfeldes des Systems; wegen des selbst Veränderungen auslösenden Charakters des eingesetzten Systems)

Die Qualität einer Softwareentwicklung wirkt sich am stärksten auf die Wartungs- und Pflegephase aus. Nach einer Studie über die Rangordnung verschiedener Softwareeigenschaften aus dem Jahre 1987 wird die Wartbarkeit inzwischen auch als die wichtigste Eigenschaft von Software angesehen (s. Abb. 4)[7].

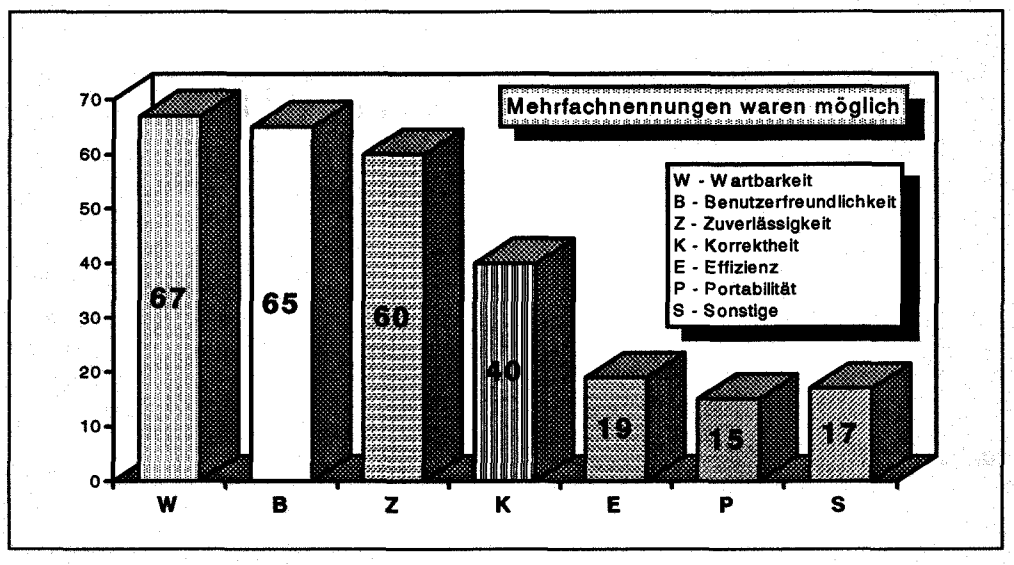

Abbildung 4: Rangordnung von Zieleigenschaften bei Software

Als Ergänzung der oben formulierten Anforderungen und Eigenschaften und der durch sie bedingten Probleme seien im folgenden weitere, erfahrungsge-

[7] aus [5]. Die Autoren H.J.Bullinger, K.P.Fähnrich und T.Otterbein sind vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in Stuttgart

mäß regelmäßig auftretende Schwierigkeiten bei der Softwareproduktion erwähnt.

Oft ist es ein Problem, rechtzeitig, vollständig und genau festzulegen, was ein System leisten, bzw. welche Anwendung überhaupt realisiert werden soll, da nur selten von vornherein klar ist, wie einem existierendem Problem in der Größenordnung z.B. "unternehmensweit" mit DV-Lösungen beizukommen ist.

Das Programmieren im Großen, also das Entwerfen eines Systems aus Modulen, die zweckmäßig zusammenspielen, beherrscht nicht jeder.

Als ein weiteres Problem sei folgendes Phänomen skizziert, das sich gerade in der Phase der Anforderungsdefinition erschwerend bemerkbar macht: In der bis dahin manuellen Lösung der organisatorischen Probleme bei einem Anwender werden seltenere und schwierige Probleme mit spontaner Entscheidungsfähigkeit, Intelligenz oder Intuition **fallweise** gelöst. Der spontane Wunsch der potentiellen Anwender nach direkter Abbildung ihrer *bisherigen* Realisierung in die zukünftige Software ist in Hinsicht auf die Anforderungen, die eine *dv-technische* Realisierung zu erfüllen hat bzw. heute erfüllen sollte weder machbar noch wünschenswert [6].

In diesem Zusammenhang seien auch die dem fachlichen Hintergrund eines Ausgangsproblems entspringenden Schwierigkeiten bei der sprachlichen Formulierung des Problems genannt. Man denke da nur an Anwendungsgebiete wie z.B. Lohnbuchhaltung u.a., die dem Programmierer auf der Ebene des Anwender nur schwer verständlich sind.

3.3 Allgemeines zu Software-Engineering/ CASE-Umgebungen und -Systemen

Das Bewältigen vorstehend genannter Probleme und Erreichen der skizzierten Ansprüche hat sich die noch recht junge Ingenieurdisziplin des **Software-Engineering** gestellt. Sie entwickelt(e) den Zusammenhang von **Methoden**[8]/ Prinzipien/ Verfahren/ Vorgehensweisen und **Basistechniken**[9] (*Brainware*) mit **Werkzeugen**/ Entwicklungssystemen, -umgebungen/ Hilfsmitteln (*Toolware*) und Organisationsformen für die Softwareproduktion.

Mit **Werkzeugen** sind natürlich hauptsächlich Software-Werkzeuge gemeint. Werkzeuge (wie z.B. Compiler, Interpreter, Debugger oder schon einfach Editoren, die man in der Implementierungsphase schon seit längerem gewöhnt ist), die eine oder mehrere Methoden unterstützen und einem damit helfen, die Arbeit effizient zu bewältigen.

---

[8] Methoden sind nach [7] "planmäßig angewandte, begründete Vorgehensweisen zur Erreichung von festgelegten Zielen".

[9] In Abgrenzung zu der Definition von **Methoden** definiert H. Balzert **Basistechniken** wie folgt: "Jede Basistechnik stellt eine elementare und originäre Technik dar, die selbst nicht weiter auf andere Basistechniken reduzierbar ist." Dabei handelt es sich oft nur um Beschreibungsformalismen, die z.T. mit unterschiedlicher Semantik zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden können.

3.3.1 Basistechniken :

- Funktionsbäume
  Funktionsbäume dienen der Darstellung der Hierarchie von Funktionen, Aufgaben, Modulen, Diagrammen etc. Basis der Hierarchie bilden oft Aufruf-, Ist-Teil-von-, Zugriffs-, Dienstleistungshierarchien.
- Data Dictionary (1979) nach T.DeMarco
  Auch als Datenlexikon bezeichnet, ist es ein Verzeichnis, das die Daten mit Informationen über ihre Struktur, Eigenschaften, Verwendungen und Beziehungen enthält und verwaltet. Es verwaltet also das Datenmodell mit seinen Objekten, Beziehungen und Attributen bei der Systemspezifikation und dient gleichzeitig als Quelle diverser Analysen über die Datenstruktur.
- Datenflußpläne (1966)
  Datenflußpläne bzw. Datenflußdiagramme beschreiben Daten, Verarbeitungen dieser Daten und die Zugriffsmöglichkeiten von Verarbeitungen auf Daten [8].
- Jackson-Diagramme (1975) nach M.A.Jackson
  Mit Jackson-Diagrammen werden grafische Baum-Darstellungen beschrieben, die sowohl Daten- als auch Kontroll-Strukturen enthalten. D.h. es treten gegenüber den Funktionsbäumen Erweiterungen auf, wie die Konstrukte **Folge**, **Auswahl** und **Wiederholung.** Man kann hier also alternative, wiederholende und sequentielle Komponenten darstellen
- Entity-Relationship-Modell (1976) nach P.P.Chen[10]
  Schwerpunkt des Entity-Relationship-Modells stellt die Modellierung der Daten und der statischen Relationen zwischen Objekten und Entitäten dar. Ursprünglich als Technik für den Datenbankentwurf entwickelt, wird sie inzwischen auch intensiv in der Definitionsphase für Systeme mit komplexen Daten eingesetzt.
- Programm-Ablaufpläne (PAP) (1966)
  PAP [8] erlauben beliebige Kontrollstrukturen, um den Ablauf eines Algorithmus zu steuern.
- Struktogramme nach I.Nassi und B.Shneidermann (1973)
  Struktogramme sind Darstellungsmittel für strukturierte Kontrollstrukturen.
- Pseudo-Code
  Hier werden die Kontrollstrukturen nicht graphisch, sondern in Anlehnung an Programmiersprachen dargestellt. Dabei werden für die Kontrollstruktur die Syntax und Wortsymbole von Programmiersprachen verwendet (z.B. **if-then-else-endif, while-do-endwhile**), während die Anweisungen meist frei verbal formuliert werden. Diese läßt sich dann natürlich schnell in die Notation einer Programmiersprache umsetzen.
- Entscheidungstabellen (1976)
  Durch Entscheidungstabellen lassen sich vorzunehmende Handlungen , die von der Erfüllung oder Nichterfüllung von Bedingungen abhängen, kompakt definieren und beschreiben.
- Zustandsautomaten
  Über die Zustandsautomaten, -diagramme oder -matrizen werden die be-

---

[10] [9], allerdings erschien schon 1969 die erste Veröffentlichungen zum Entity Relationship Model - IBM intern - von E.F.Codd (1970 dann in [10]).

trachteten Prozesse oder Datenobjekte mit den einen Zustandsübergang auslösenden Ereignissen erfaßt und grafisch dargestellt.

- Petri-Netze (1962) nach C.A.Petri
  Petri-Netze eignen sich zur Modellierung, Analyse und Simulation von ereignisgesteuerten Abläufen.

3.3.2 Methoden :

Um ein möglichst vollständiges, konsistentes und kohärentes Systemmodell zu erstellen, wird ein System unter verschiedenen Blickwinkeln beschrieben. Durch den Vergleich der so entstandenen Beschreibungen können Unvollständigkeiten und Inkonsistenzen entdeckt werden.

Balzert nennt in [7] vier verschiedene Sichten auf ein System: Daten, Funktionen, Kontrollaspekte und die Mensch-Computer-Schnittstelle.

In Methoden nun werden Basistechniken kombiniert, um das System unter einem oder mehreren Blickwinkeln zu erfassen/ abzubilden. Eine Erläuterung der folgend aufgeführten Methoden würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen.

Methoden zur (Teil-)Systemmodellation :

- Requirements Statement Language (RSL)
- Structured Description Language (SDL)
- Structured Analysis & Design Technology (SADT)
- Structured Analysis (SA - Gane, Sarson)
- Structured Analysis (SA - DeMarco)
- Structured Analysis/ Realtime Analysis (SA/RT - Ward, Mellor)
- Structured Analysis/ Realtime Analysis (SA/RT - Hatley, Pirbhai)
- Object Oriented Analysis (OOA - Coad, Yourdon)
- Object Oriented Analysis (OOA - Shlaer, Mellor)
- Prototyping
- Jackson System Developement (JSD - Jackson)
- Jackson Structured Programming (JSP - Jackson)
- Structured Design (SD)
- Datenabstraktion
- Abstrakte Datentypen (ADT)
- System Design (SD - Buhr)
- Object Oriented Design (OOD)
- Stukturierte Programmierung (N.Wirth)

3.3.3 Der Ablauf eines Software-Entwicklungsprojekts

Für die software- und/oder dv-technische Realisierung, d.h. deren organisatorischen Ablauf, findet man ein in seinem Kern in der Literatur relativ einheitlich beschriebenes sogenanntes **Phasenmodell**[11].

Im klassischen Modell gab es keine Rückkopplung zwischen den einzelnen Phasen. Das ist jedoch in der Praxis unrealistisch. Rückwirkungen auf vorangegangene Phasen wurden durch Erweiterungen des Modells möglich.

Das Phasenmodell soll in sich abgeschlossene Abschnitte eines Softwareprojekts sicherstellen, um unter anderem eine Termin- und Kostenkontrolle zu ermöglichen. Der Hauptvorteil liegt jedoch darin, daß in jeder Phase spezifizierte Aufgaben zu lösen sind, so daß im Projektteam nicht alle alles auf einmal im Kopf haben müssen. Die Phasen lassen sich wie folgt gliedern (s. Abb. 5):

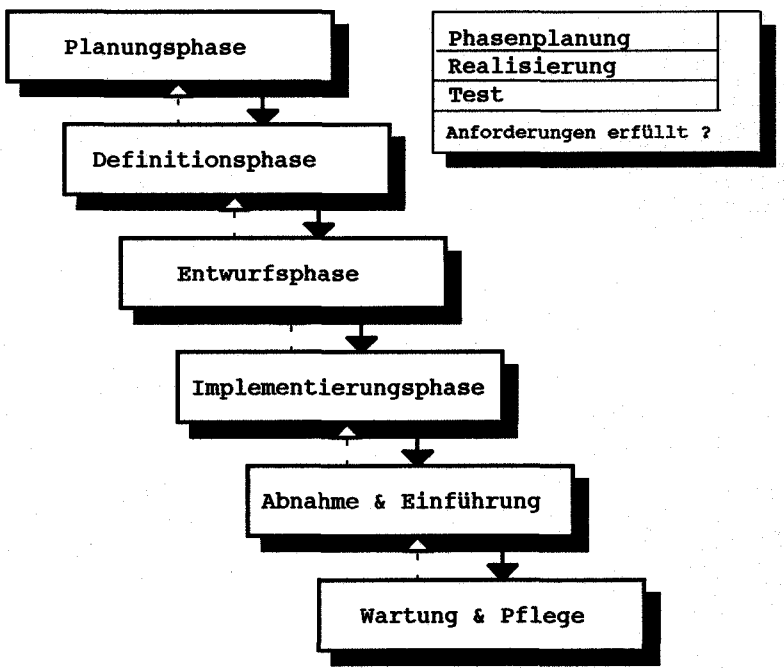

Abbildung 5: Phasenmodell des Lebenszyklus eines SW-Produkts

in die

Planungsphase

mit folgenden Tätigkeiten:

- Auswählen des Produkts (Trendstudien, Marktanalysen; Forschungsergebnisse; Kundenanfragen; Vorentwicklungen).
- Voruntersuchung des Produkts (gezielte Ist-Aufnahme/ Ist-Analyse von Vorprodukten; Festlegen der Hauptanforderungen, Hauptfunktionen, wichtigsten Aspekte der Benutzerschnittstelle und der wichtigsten Qualitätsmerkmale).

---

[11] [6], [7], [11]

- Durchführbarkeitsuntersuchung (Prüfen der technischen und personellen Durchführbarkeit; Prüfen von Alternativvorschlägen).
- Prüfen der ökonomischen Durchführbarkeit (Wirtschaftlichkeitsrechnung; Kosten- und Terminschätzung).

Diese Tätigkeiten der Planungsphase haben also zum einen das Ziel, zu prüfen, ob ein Produkt hergestellt werden soll. Dabei bilden die Ergebnisse dieser Aktivitäten die sachliche Grundlage für eine Entscheidung. Zum anderen sollen am Ende dieser Phase eine genaue Formulierung der Aufgabenstellung und der geforderten Leistungsmerkmale der Software stehen.

Definitionsphase

In ihr werden die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt ermittelt, festgelegt, beschrieben, analysiert und verabschiedet. Das beinhaltet folgende Tätigkeiten:

- Definition der Anforderungen (im Dialog mit Auftraggeber und Benutzer; Bedarfs- und Istanalysen; Festlegen von Funktionen, Daten, Leistungen, Benutzerschnittstellen, Qualitätsmerkmalen, Entwicklungs- und Zielumgebung).
- Beschreibung der Anforderungen (Systematische Klassifizierung der Anforderungen; Unterteilung in *unbedingt notwendige* und in *wünschenswerte* Anforderungen; Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den Einzelanforderungen).
- Analyse der Anforderungen (Überprüfung auf Konsistenz, Vollständigkeit und Durchführbarkeit).

Entwurfsphase

In ihr wird aus den gegebenen Anforderungen eine software-technische Lösung im Sinne einer Systemarchitektur[12] entwickelt. Die Systemarchitektur wird konstruiert, strukturiert, spezifiziert, präzisiert und konkretisiert. Durch dieses Softwaredesignen werden Vorgaben für die Implementierungsphase geschaffen. Dieses Entwerfen wird auch als *Programming-in-the-large* bezeichnet.

Die Entwurfsphase beinhaltet u.a. folgende Einzelaktivitäten:

- Aufteilung des Problems in Teilprobleme bzw. Systemkomponenten/ Module.
- Systemstrukturierung durch Hierarchiebildung der Module.
- formale oder verbale Spezifikation des Funktions- und Leistungsumfangs sowie des Verhaltens der Module.
- Festlegung der Schnittstellen, der Kommunikation und der Wechselwirkungen zwischen den Modulen.

---

[12] Softwarearchitekturen dienen dazu, Richtlinien und Standards für Systeme wie unternehmensweite Informationssysteme zu definieren (aus [5]. Dieser Artikel diskutiert verschiedene Formen von Softwarearchitekturen, ihre möglichen Einsatzgebiete und den derzeitigen Stand der Softwareentwicklung.)

Implementierungsphase

In dieser Phase geht es (endlich) um die eigentliche Kodierung der Module. Dazu werden Datenstrukturen und Algorithmen konzeptioniert, das Programm strukturiert und die Konzepte in die Konstrukte der jeweiligen Programmiersprache umgesetzt. Neben dem Test der Module ist die Kommentierung und Dokumentation des Codes der Module eine weitere Aufgabe. Diese Tätigkeiten bezeichnet man auch als *Programming-in-the-small.*

In der

Abnahme- & Einführungsphase

wird das fertiggestellte Gesamtsystem beim Anwender auf dem Zielsystem installiert und in Betrieb genommen. Es erfolgt eine Einführung in die Benutzung und die Softwaredokumentation.

Wartung & Pflege

Zur Betreuung der Software gehört nicht nur die Beseitigung der erst während der Nutzung zutage getretenen Programmfehler. Sie erstreckt sich auch auf die Anpassung der Software an geänderte Rahmenbedingungen (z.B. andere Hardware) oder Anforderungen.

3.3.4 Allgemeines zu CASE und CASE-Tools

CASE [7] steht für *Computer Aided Software Engineering* und deutet damit schon an, daß *Software Engineering*, d.h. das industrielle Erstellen großer *Software-Systeme*, ohne Computerunterstützung, insbesondere geeigneter Software-Werkzeuge und Software-Entwicklungsumgebungen, nicht mehr möglich ist. Es wird hier also, im Gegensatz zur Solo-Programmierung, bei der einer mal eben schnell ein Programm zum eigenen Gebrauch schreibt, von der Softwareentwicklung gesprochen, die ein System zum Ziel hat, das von mehreren Personen zum Gebrauch durch andere Personen erstellt wird. Denn DV-Projekte erreichen den angestrebten wirtschaftlichen Erfolg heute im allgemeinen nicht mehr allein durch Automatisierung von Arbeitsabläufen, sondern nur durch gesamtheitliche Gestaltung von Mensch- und Maschinefunktionen.

Eine professionelle, industrielle Software-Erstellung erfordert eine Vielzahl von Werkzeugen, um eine optimale Unterstützung zu erhalten. Neben Vorteilen wie Flexibilität und Unabhängigkeit beim Einsatz viele unterschiedlicher Werkzeugen kann es aber auch produktivitätshemmend sein, wenn die Werkzeuge nicht in eine Software-Entwicklungsumgebung integriert sind. So haben sich in den letzten Jahren folgende Begriffe entwickelt:

- Software-Entwicklungsumgebung
- Software-Produktionsumgebung (SPU)
- Software Engineering Enviroment System (SEES)

und

- Integrated Project Support Enviroment (IPSE)

oder zusammenfassend

- **CASE.**

Bei CASE steht die Unterstützung einer oder mehrerer Methoden und Basistechniken im Vordergrund. So läßt sich die CASE-Welt in Tools aufteilen, die jeweils eine oder mehrere Phasen der Softwareproduktion unterstützen. H.Balzert[13] hat in [7] eine interessante Auswertung der Tools-Datenbank seines Lehrstuhl veröffentlicht, die Informationen über mehr als 200 Werkzeuge/ Werkzeugsysteme enthält. Diese Auswertungen machen den Markt transparent und erleichtern die Auswahl oder das Einordnen und Beurteilen eines CASE-Systems. So finden sich dort Auswertungen der Werkzeuge bezüglich der Betriebssysteme, der Rechnerkategorien, der Software-Entwicklungsphasen, der Basistechniken und der Softwaremethoden.

4. Schlußfolgerungen

① In Auswertung der Erfahrungen beim Aufbau und Betrieb von überbetrieblichen Umweltinformationssystemen ist die Konzeption und der **Aufbau eines eigenen Informationsmanagementsystems** als Basis eines betrieblichen Umweltinformationssystems **notwendig**.

② Neben den formulierten Anforderungen an ein Informationsmanagementsystem ist die **erste Aufgabe und** der **Ausgangspunkt** für die Arbeit des oder die ein IMS bildende(n) Basiskomponente(n) die **Unterstützung der Ist-Analyse**. Das bedeutet hier konkret die Erfassung, Visualisierung und Auswertung der Ergebnisse der Interviews in den Abteilungen eines Unternehmens.

③ Eine weitere Aufgabe ist die Unterstützung der **Modellierung eines ökologischen Unternehmensdatenmodells** auf der Grundlage der erfaßten Informationen. Das ist eine wichtige Voraussetzung für die Verfügbarkeit umfassender Information über die unternehmensinteren und -externen, umweltrelevanten Informationsressourcen, zur redundanzfreien Haltung, effektiven Verwaltung und Bereitstellung all dieser Daten.

④ Die nächste Aufgabe ist eine auf die erfaßten Daten aufsetzende Anwendung als **Auskunftssystem**, in der es - im Sinne eines Meta-Daten-IMS - möglich sein soll, Informationen über diese Daten zu erhalten.

⑤ Für den Koordinierungsanspruch eines Projektes "Betriebliches Umweltinformationssystem" - die Effektivierung des Einsatzes der 'Systemelemente' Mensch, Aufgaben, Sachmittel und Informationen - müssen die Basis-Tools des IMS **analytische Methoden beherrschen**, mit deren Hilfe die Informationsbeziehungen ausgewertet und die Datenmodellentwicklung abgestimmt werden kann.

Unter Beachtung dieser Punkte bietet sich die Nutzung der Erkenntnisse, Methoden und Basistechniken des modernen Softwareengineering - wie sie in den Kapiteln 3.2 und 3.3 dargestellt und erläutert sind - an. Der allgemeine Marktüberblick, der mit Hilfe der erwähnten Literatur gewonnen werden konnte, läßt eine eher positive Einstellung zur Erwägung des Einsatzes von CASE-Tools als unterstützende Werkzeuge zu.

---

[13] Prof. Dr.- Helmut Balzert ist Inhaber des Lehrstuhls für Software-Technik an der Ruhr-Universität Bochum

CASE-Systeme beinhalten zahlreiche Werkzeuge, die Aufgaben wie Ist-Aufnahme und -Analyse von komplexen Systemen, Datenmodellierung, Generierung von Programmen, bis hin zur Erstellung von Dokumentationen, unterstützen.

Zusammenfassend liegen die Vorteile von CASE-Werkzeugen in der:

- Unterstützung der Analyse komplexer Systeme durch übersichtliche **graphische Darstellung**,
- Verringerung der Komplexität durch Vernachlässigung von Nebenaspekten und Entwicklung eines Modells des realen Systems aus projektspezifischer Sicht über **Abstraktion**,
- Wiedergabe des Charakters des ganzen Systems durch eine reduzierte Darstellung mittels **Strukturierung**. Die Abbildung erfolgt meist in Bäumen und Netzen als Ansatz zur Zerlegung in kleine zu bewältigende Einheiten
- starke Reduzierung des Verständigungsproblems durch eine formale und weitgehend durchgängig einheitliche Sprache, zumeist über graphische Darstellungen. In einem komplexen Projekt wie einem betrieblichen Umweltinformationssytem (BUIS), in dem Personen aus sehr unterschiedlichen Arbeitsbereichen zusammenwirken (Führungsebene, BUIS-Projektmitglieder, DV-Beauftragte, Fachabteilungen), kommt diesem Aspekt eine hohe Bedeutung zu. Die graphische Darstellung erleichtert die Verständigung und verringert Mißverständnisse vor allem auch bei einem Wechsel in dem oben genannten Mitarbeiterkreis.
- einfachen Änderbarkeit. Der Zustand von Subsystemen ist im Laufe einer BUIS-Entwicklung häufig Änderungen unterworfen. Aus dem laufenden Wissenszuwachs in diesem Projekt entstehen zudem neue Anforderungen, die eingebracht werden müssen.
- Vermeidung von Doppelarbeit durch Unterstützung der arbeitsteiligen Analyse
- Vermeidung von Inkonsistenzen, gerade bei arbeitsteiliger Analyse durch die zentrale und redundanzfreie Datenhaltung

Wie wichtig eine strukturierte, methodenfundierte und auf anerkannten Erkenntnissen der allgemeinen Ingenieurwissenschaften - bzw. des Software-Engineering - basierende Vorgehensweise bei der Softwareherstellung ist bzw. werden wird, läßt sich daran ablesen, daß auch die EG - innerhalb des Forschungsprojekts 'Eureka' - eine CASE-Initiative[14] gestartet hat, wo 13 große europäische Firmen und Universitäten versuchen - mit einem gut 600 Millionen Mark Budget - die 'European Software Factory' zu entwickeln.

Dennoch :

Trotz eher überwiegender Stimmen für den Einsatz von CASE-Werkzeugen ist dieser noch nicht ganz unkritisch.

---

[14] aus "Europäisches Softwarehaus" in [14]

Ein Zeichen dafür ist zum Beispiel, daß im Mai 1992 in Garmisch-Partenkirchen das Symposium "CASE I Software-Produktions-Umgebungen im Vergleich" am **Plenum** Institut für Informations- und Kommunikations-Technologie GmbH u.a. mit den Fragestellungen :

- Warum scheitern immer noch so viele CASE-Projekte?
- Was sind die kritischen Erfolgsfaktoren?
- Produktdschungel: Wie findet der Anwender den richtigen Weg?

stattfand, bei dem auch elf CASE-Tool-Hersteller Produktvorträge hielten, Fragen beantworteten und ihre Produkte vorführten.

Man kann - was auch die Resonanz in der Literatur und in veröffentlichten Erfahrungsberichten zeigt[15] - nicht behaupten, der Einsatz von CASE-Tools oder -Systemen ist generell erfolgreich oder von vornherein zum Scheitern verurteilt (weil nur eine unausgereifte Marketingidee von einigen Softwareherstellern). Vielmehr hängt der Erfolg von der Beachtung einiger Faktoren ab:

- richtige Auswahl bezüglich
  - HW-Plattform
  - des Ausgangsproblems
  - Einsatzgebietes
- Kenntnisse der CASE-Tool-Nutzer. An sie werden besondere Anforderungen gestellt, denn der erfolgreiche Einsatz eines CASE-Tools hängt im großen Maße von der Kenntnis und dem Beherrschen der Methoden ab. Die CASE-Tools ihrerseits unterstützen den Anwender bei einem methodisch sauberen, redundanzfreien Vorgehen. Ungeachtet der Unterstützung durch die CASE-Tools müssen die Methoden, d. h. die Verfahren und Regeln der Systemanalyse bekannt sein, da sonst keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erzielen sind. Diese Anforderung gilt gleichermaßen für ein rein manuelles Vorgehen ohne Toolunterstützung.

Literaturverzeichnis:

[1] Oßwald,R., Kaus,U.: "Unterrichtshilfen zum Lehrgang 'Datenbanken'", Informationen der Zentralen Bildungsstätte, Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin 1987

[2] Dürr,M., Lang,St.M.: "Integrationsprobleme heterogener Informationsmodelle", Computerwoche Extra 1 vom 14.02.1992

[3] Niedersächsisches Umweltministerium und IBM Deutschland GmbH (Hrsg.): Umwelt-Datenkatalog Niedersachsen - Entwurf. Hannover 1990

[4] Castner,M., Floyd,C., Keil-Slawik,R., Pasch,J., Reisin,JF.-M., Schmidt,G. u.a.: "Einführung in Software Engineering: STEPS" Arbeitsunterlagen zur Lehrveranstaltung, Technische Universität, Berlin 1990

[5] Bullinger,H.J.: Fähnrich,K.P., und Otterbein,T. : "Mit SW-Architekturen aus der Softwarekrise ?". Computerwoche Extra 1 vom 14.02.1992

[6] Denert,E.: Software-Engineering / Methodische Projektabwicklung. Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg/ New York/ London/ Paris/ Tokyo/ Hong Kong/ Barcelona 1991

---

[15] [6], [7], [11], [14], [15], [16], [17], [18] u.a.

[7] Balzert,H. (Hrsg.): CASE: Systeme und Werkzeuge (Angewandte Informatik; Bd. 7). BI - Wissenschaftsverlag, Mannheim/ Wien/ Zürich 1991

[8] Sinnbilder und ihre Anwendung, September, Beuth-Verlag, Berlin/ Köln 1983

[9] Chen,P.P.-S.: "The relational model for database management - toward a unified view of data", ACM Transactions on Database Systems, Vol.1, No.1, March 1976

[10] Codd,E.A.: "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks", in: Communication of the ACM, Vol. 13, No. 6 1970

[11] Manche,A.: "Case - Ende der Softwarekrise, Teil 2: Denkansätze und Methoden", c't, Magazin für Computertechnik, Heft 9/1991,

[12] Vetter,M.: Entwurf betrieblicher Informationssysteme, Teubner Verlag, Stuttgart 1990

[13] Schlageter, Stucky: "Datenbanksysteme: Konzepte und Modelle", Teubner Verlag, Stuttgart 1983

[14] Manche,A.: "Case - Ende der Softwarekrise, Teil 1: Planung kontra Phantasie", c't, Magazin für Computertechnik, Heft 8/1991

[15] Schäpers,A.: "Sicht des Programmierers - Wem helfen CASE-Tools wirklich?", c't, Magazin für Computertechnik, Heft 8/1991

[16] Heydorn, Ascan: "Case: Das 'Aus' für die Software Häuser ?" Computerwoche Extra 1 vom 14.02.1992

[17] Zimmermann,J.: Schwiderski, L., "Ein CASE-System in der Praxis", c't, Magazin für Computertechnik, Heft 8/1991

[18] Manche,A.: "CASE Lite - EasyCASE auf dem PC", c't, Magazin für Computertechnik, Heft 8/1991

Anhang

Tabelle "Beziehungen zwischen den Entitäten des Datenmodells" (zur Abb.2, Kap.2)

	Relation-ship	Beschreibung (Relation und Entität sind in der folgenden Tabelle Synonyme)
1-1	Rekursion	Ein Datenobjekt kann aus mehreren Datenobjekten (Subdatenobjekt) bestehen.
1-2	1,N(Rel.1) ⇳ 1,N(Rel.2)	Zu jedem Datenobjekt (Rel.1) gibt es einen Verantwortlichen(Rel.2), der für die Pflege verantwortlich ist. Ein Verantworlicher für die Datenpflege ist für mindestenes 1 bis N Datenobjekte verantwortlich.
1-3	1,N(Rel.1) ⇳ 0,N(Rel.3)	Jedes Datenobjekt (Rel.1) kann in mehreren Eingaben enthalten sein, es ist jedoch auch möglich, daß ein Datenobjekt in keiner Eingabe enthalten ist (dies bedeutet, daß dieses Datenobjekt innerhalb einer Aufgabe entsteht und nicht als Eingabe der Aufgabe zur Verfügung gestellt wird. Eine Eingabe repräsentiert mindestens ein Datenobjekt (ansonsten ist die Eingabe sinnlos) oder mehrere.
1-5	1,N(Rel.1) ⇳ 0,N(Rel.5)	Jedes Datenobjekt (Rel.1) kann in mehreren Ausgaben enthalten sein, es ist jedoch auch möglich, daß ein Datenobjekt in keiner Ausgabe enthalten ist (dies bedeutet, daß dieses Datenobjekt im Datenspeicher abgelegt wurde). Eine Ausgabe repräsentiert mindestens ein Datenobjekt (ansonsten ist die Ausgabe sinnlos und leer) oder mehrere.
1-7	1,N(Rel.1) ⇳ 0,N(Rel.7)	Jedes Datenobjekt (Rel.1) kann in mehreren Datenspeichern enthalten sein (es ist darauf zu achten, daß dieses Datenobjekt nur in einem Datenspeicher gepflegt wird.), es ist jedoch auch möglich, daß ein Datenobjekt in keinem Datenobjekt enthalten ist (dies bedeutet, daß dieses Datenobjekt innerhalb einer Aufgabe nur durchgereicht wird). Ein Datenspeicher repräsentiert mindestens ein Datenobjekt(ansonsten ist der Datenspeicher leer) oder mehrere.
1-8	1,N(Rel.1) ⇳ 0,N(Rel.8)	Jedes Datenobjekt (Rel.1) kann in mehreren Aufgaben (Rel.8) enthalten sein, es ist jedoch auch möglich, daß ein Datenobjekt keiner Aufgabe zugeordnet ist (dies bedeutet, daß dieses Datenobjekt zu einem Datenspeicher gehört, der keiner Aufgabe zugeordnet ist). Einer Aufgabe ist mindestens ein Datenobjekt zugeordnet (ansonsten ist die Aufgabe sinnlos) oder mehrere.
1-UDK		Es wird eine Kopplung der unternehmensspezifischen Relationen mit den UDK-Relationen geben, solange jedoch die Dokumentation und das Datenmodell UDK nicht vorliegt, können hierzu keine Aussagen gemacht werden.
3-4	1,N(Rel.3) ⇳ 1,1(Rel.4)	Zu einer Eingabe gibt es genau eine Quelle, von der die Eingabe stammt. Aus einer Quelle stammen mindestens eine bis mehrere Eingaben (für eine Aufgabe).
3-8	1,N(Rel.3) ⇳ 1,N Rel.8)	Für die ordnungsgemäße Durchführung einer Aufgabe sind mindestens eine bis mehrere Eingaben erforderlich. Eine Eingabe kann zu mehreren Aufgaben gehören, sie ist jedoch mindestens einer Aufgabe zugeordnet.

Tabelle "Beziehungen zwischen den Entitäten des Datenmodells" (Fortsetzung)

Entitys	Relationship	Beschreibung (Relation und Entität sind in der folgenden Tabelle Synonyme)
5-6	1,N(Rel.5) ⇳ 1,N(Rel.6)	Eine Ausgabe (als Ergebnis einer Aufgabe) hat mindestens ein Ziel, sie kann jedoch auch mehreren Zielen zugeordnet werden.
5-8	1,N(Rel.5) ⇳ 1,N(Rel.8)	Eine Aufgabe erzeugt als Ergebnis mindestens eine Ausgabe oder auch mehrere. Eine Ausgabe stammt aus mindestens einer Aufgabe, gibt es mehrere Aufgaben, können organisatorische Schwachpunkte vorliegen, denn dies bedeutet, daß die gleiche Ausgabe als Ergebnis von mehreren Aufgaben erzeugt wird (unterschiedliche Aufgaben erzeugen das gleiche Ergebnis).
7-8	0,N(Rel.7) ⇳ 0,N(Rel.8)	Ein Datenspeicher wird von keiner Aufgabe (dies bedeutet, daß es noch alte Datenspeicher gibt, die jedoch nicht mehr genutzt werden) oder von mehreren Aufgaben genutzt. Eine Aufgabe nutzt (lesen oder schreiben) keinen oder mehrere Datenspeicher.
8-8	Rekursion	Eine Aufgabe besteht aus mehreren Teilaufgaben (die wiederum Aufgaben sind)
8-9	1,N(Rel.8) ⇳ 1,N(Rel.9)	Einer Aufgabe ist mindestens ein Aufgabenträger zugeordnet. Ein Aufgabenträger ist für mindestens eine bis mehrere Aufgaben verantwortlich.
8-A	0,N(Rel.8) ⇳ 0,N(Rel.A)	Es gibt Aufgaben, die noch nicht durch DV-Maßnahmen (DV-Projekte) unterstützt werden. Es ist jedoch auch möglich, daß eine Aufgabe durch mehrere DV-Maßnahmen unterstützt wird. Falls eine DV-Maßnahme keiner Aufgabe zugeordnet werden kann, so ist hier ein organisatorischer Schachpunkt vorhanden. Eine DV-Maßnahme kann jedoch auch mehreren Aufgaben zugeordnet sein.
8-B	1,N(Rel.8) ⇳ 1,N(Rel.B)	Zu jeder Aufgabe gibt es mindestens eine oder mehrere gesetzliche Grundlagen, die die Basis für die Realisierung der Aufgabe sind. Aufgrund einer gesetzlichen Grundlage werden mindestens eine oder mehrere Aufgaben initiiert.

Datenerfassung für den diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz: Der Petri-Netz-Ansatz

Andreas Möller, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg

Überblick

Erstens: Ursächlich ist für die globalen Umweltveränderungen das Verhältnis zwischen den Menschen und der natürlichen Umwelt. Einstellungen, Leitbilder, Werte – sie kristallisieren in der zwischenmenschlichen Kommunikation. Informationssysteme für den betrieblichen Umweltschutz orientieren sich am Diskurs, um einen Werte- und Einstellungswandel zu fördern.

Zweitens: Groß ist der Umfang der natürlichen Ressourcen, die wir in den Wirtschaftskreislauf aufnehmen, und der Abfälle, die wir entlassen. Auf betrieblicher Ebene gilt es, Ressourcenverbrauch und Abfallentstehung einzuschränken.

Informationssysteme auf Basis des Petri-Netz-Ansatzes zeigen die Stoff- und Energieströme innerhalb des Betriebes; sie liefern den Mitarbeitern die diskurs-relevanten Umweltdaten; sie verknüpfen die stofflichen Transformationsprozesse mit dem diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz.

Einleitung

Der Schwerpunkt der Umweltdiskussion verschiebt sich. Früher hat man über regionale Probleme diskutiert: verseuchte Grundstücke, Emissionen benachbarter Chemiefabriken etc. Heute rücken die globalen Umweltveränderungen ins Zentrum des Interesses: Der Eingriff in das Ökosystem Erde ist so groß, daß die Zukunft der Menschheit auf dem Spiel steht. Bei solchen Dimensionen fühlt man sich, als kämpfe man gegen Windmühlen. Keine Einzelmaßnahme kann die Situation spürbar verschlechtern oder verbessern. Der Verlust von Verantwortung verknüpft sich mit geringen Einflußmöglichkeiten. Warum sollte man Aspekte beachten, die nicht einmal als Nebenfolgen in den Kalkül eingehen? Weg damit! Verfahre weiterhin so wie bisher! Globale Umweltveränderungen spielen anscheinend keine Rolle bei Einzelentscheidungen, die am individuellen Nutzen orientiert sind.

So kommen wir nicht weiter. Die Einstellung der Menschen zur Umwelt insgesamt muß sich ändern. Grundlage dieses Wandels ist der gesellschaftliche Diskurs. Die Vorzüge des Diskurses zeigen sich da, wo Macht- und Herrschaftsstrukturen ihn gefährden. Wir achten darauf, daß die Tarifautonomie gewahrt bleibt. Partei-Räson wird ebenso wie Pressekonzentration als Gefahr für die Demokratie angesehen. Diese Beispiele lassen Gemeinsamkeiten erkennen. Die Beteiligten gehen in eine Diskussion mit unterschiedlichen Anliegen – Anliegen, die sich im Verlauf der Konversation ändern können. Der Diskurs endet im Konsens. Die Teilnehmer verinnerlichen das Ergebnis und richten ihr nachfolgendes Vorgehen danach aus. Der Konsens bildet etwas Gemeinsames, an das spätere Diskussionen anknüpfen können. Es bilden

sich nach und nach gemeinsame Sichtweisen heraus. Gemeinsame Sichtweisen und Werte geben Orientierung, schaffen einen Handlungsrahmen. Die Kommunikation dient nicht nur der Übertragung von Daten, sie formt uns und die Welt. Wo die Menschen zusammenkommen, wo sie diskutieren, wo sie Konsens herstellen, da wandeln sich die Werte, da bilden sich neue Leitbilder: die Gesellschaft entwickelt auf diese Weise eine Wirtschaftsform, die den Rahmenbedingungen des Ökosystems Erde genügt.

Der Diskurs ersetzt nicht die zweckrationale Entscheidungsfindung; es kommt auf das richtige Verhältnis an. Wir kennen das zweckrationale Vorgehen aus der Praxis: Wir berechnen die kostengünstigste Finanzierung unseres Kraftfahrzeugs. Wir kalkulieren, welche Geldanlage die größte Rendite verspricht. Die Angabe des effektiven Zinssatzes in Kreditverhandlungen erlaubt es uns, die verschiedenen Alternativen der Kreditfinanzierung zu vergleichen. Allgemeiner: Der Entscheidungsträger legt vorab sein Ziel fest, ermittelt die in Betracht kommenden Alternativen, kalkuliert die Folgen der verschiedenen Alternativen und wählt die optimale Handlungsoption aus. Kommunikation und Diskurs helfen in diesem Modell, die Ziele zu formulieren, die Anzahl der Alternativen zu begrenzen, Bewertungs- und Aggregationsfunktionen für die optimale Wahl festzulegen (vgl. Bamberg/Coenenberg 1988).

Niemand wird nun behaupten, daß unser tägliches Leben eine Abfolge zweckrationaler Kalküle ist. Entscheidungen ohne Kommunikation sind eine Randerscheinung. Die Kommunikation zwischen den Menschen in allen ihren Schattierungen hat die Intelligenz des Menschen hervorgebracht. Kommunikation und Konsensfindung bleiben nicht länger Hilfsmittel; das Verhältnis dreht sich um. Entscheidungsvorbereitende Kalküle dienen dem Diskurs: Kalkulationen nach dem zweckrationalen Modell schaffen Klarheit und Transparenz; sie lenken die Aufmerksamkeit auf die wesentlichen Inhalte der Diskussion; sie fördern die Konsensfindung.

Betrieblicher Umweltschutz bekommt vor diesem Hintergrund eine neue Qualität. Er wird dann Erfolg haben, wenn die Aspekte des Umweltschutzes ins täglich Leben einbezogen werden, sei es bei der Arbeit oder in der Freizeit. Den Diskurs zu unterstützen, ist die Aufgabe eines Informationssystems, das umweltbezogene Daten sammelt, systematisiert und für die Beteiligten nutzbar macht. Die erhobenen Umweltaten geben Auskunft darüber, wo welche Stoff- und Energiemengen fließen oder lagern; sie sagen aber nichts über die Umweltwirkungen aus. Die Umweltwirkungen werden basierend auf den Umweltdaten gesondert abgeschätzt. Manchmal sind die Umweltdaten jedoch selbst schon geeignet, in den Diskurs einbezogen zu werden. Beispiel: Dem Informationssystem ist zu entnehmen, daß bestimmte FCKW-Mengen in die Umwelt gelangen. Dann reicht dies heute für Entscheidungen aus; weitere Nachforschungen über die Wirkungen sind entbehrlich, weil der Zusammenhang von FCKW und Ozonloch zum Allgemeinwissen gehört. Die Situation ändert sich bei weniger bekannten chemischen Substanzen: Wird ein Ökosystem ungünstig beeinflußt oder irreversibel geschädigt? Hat das Konsequenzen für den Menschen? Wirkungsabschätzungen ergänzen ein Informationssystem, das Umweltdaten erfaßt und aufbereitet. Zusammen binden sie den Diskurs an die physische Wirklichkeit an.

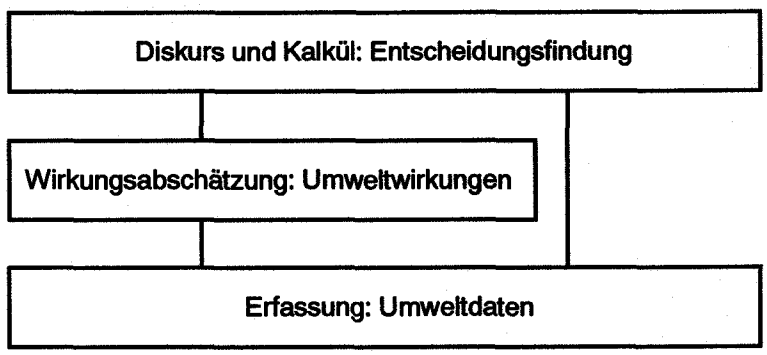

Abbildung 1: Strukturierung des betrieblichen Umweltschutzes

Wir streben einen *diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz* an, bei dem der Diskurs verknüpft bleibt mit der physischen Wirklichkeit, bei dem die Folgen der Beschlüsse abgeschätzt werden, bei dem Entscheidungen auf Grundlage zurückliegender Einigungen vorbereitet werden. Datenerfassung und Datenverarbeitung übernehmen eine Anregungs-, Prognose- und Kontrollfunktion.

Netze für Stoffströme

Im Rahmen der wirtschaftlichen Aktivität werden natürliche Ressourcen in den Wirtschaftskreislauf aufgenommen und nicht mehr verwendbare Abfälle aus dem Kreislauf entlassen. Der Umfang dieses Transformationsprozesses verursacht maßgeblich die globalen Umweltveränderungen. Eine wichtige Funktion des betrieblichen Umweltschutzes besteht deshalb darin, für einen Betrieb die Stoff- und Energieströme aufzuzeigen. Ein Informationssystem dokumentiert in der Öko-Bilanz des Betriebes die Stoff- und Energieströme, die in den Betrieb eingehen und die ihn verlassen (Abb. 2). Reicht das für einen diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz aus?

Abbildung 2: Der Betrieb als Black Box

Versetzen wir uns dazu in die Lage eines Mitarbeiters, der in einem Produktionsbereich des Betriebes arbeitet. Wirft man aus seiner Perspektive einen Blick auf die Öko-Bilanz des Betriebes, stellt man fest: Er kann nur wenig damit anfangen (vgl. Abb. 3). Die Öko-Bilanz des Betriebes reicht für ihn nicht aus.

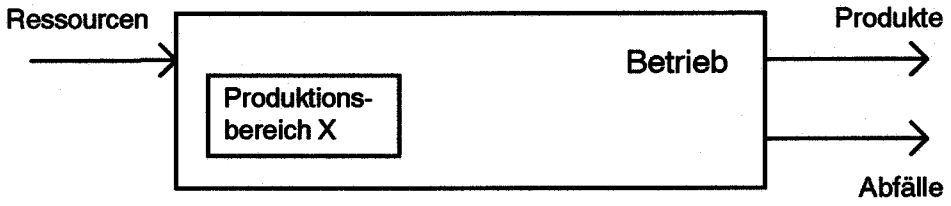

Abbildung 3: Der Betrieb und ein Produktionsbereich – Zusammenhang und Einbettung fehlen.

Wenn das Informationssystem jedem Mitarbeiter im Betrieb die Daten bereitstellen soll, die für den Diskurs relevant sind, müssen diese auf den jeweiligen Arbeits- bzw. Produktionsbereich bezogen sein. Ideal wäre es, wenn jeder Mitarbeiter für seinen eigenen Arbeitsbereich eine Öko-Bilanz aufstellen könnte. Dazu ist es erforderlich, die Stoff- und Energieströme innerhalb des Betriebes zu verfeinern. Wir teilen hierfür den Betrieb in Bereiche ein, deren Grenzen sich an den Produktions- und Arbeitsbereichen orientieren. Die Mitarbeiter besorgen die weitere Verfeinerung, angepaßt an die jeweiligen Informationsbedürfnisse. Der Betrieb wird dann mit einer Menge von *Knoten* dargestellt (vgl. Abb. 4): Eingangs- und Ausgangslager, Zwischenlager, Produktionsbereiche, Transport etc.

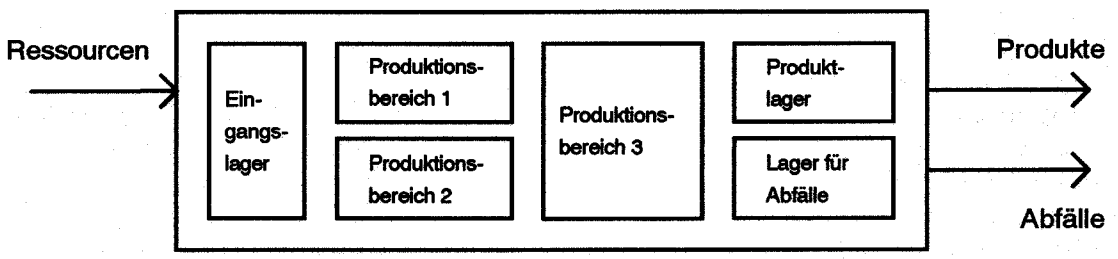

Abbildung 4: Zerlegung des Betriebes in Segmente

Innerhalb des Betriebes fließen Stoffe: Rohstoffe werden angeliefert und ins Eingangslager eingebracht. Etwas später entnimmt man sie dem Lager, sie gehen in Produktion. Diese Ströme bilden wir ab mit Kanten zwischen den Knoten (vgl. Abb. 5).

Zwischenfazit: Wenn die Mitarbeiter in den betrieblichen Umweltschutz einbezogen werden sollen, wie es der Diskurs-Ansatz verlangt, dann sind die Stoff- und Energieströme innerhalb des Betriebes aufzuzeigen, dann erreicht der Grad der Detaillierung die Arbeitsbereiche der Mitarbeiter, dann gestalten die Mitarbeiter das Netz innerhalb der Arbeitsbereiche.

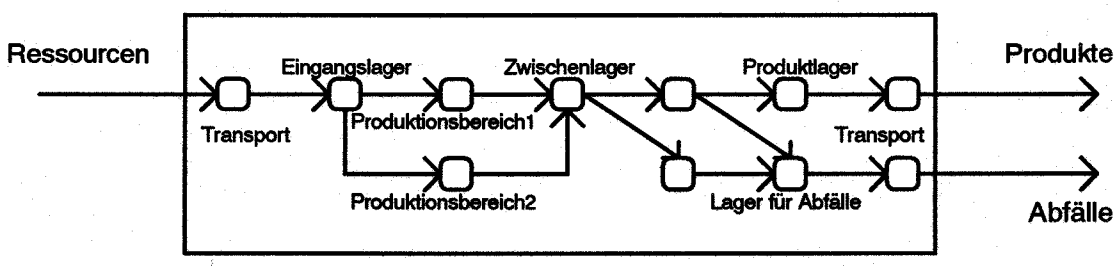

Abbildung 5: Darstellung der Stoffströme in einem Betrieb: Einbinden der Produktionsbereiche in einen Gesamtkontext.

Ein Mitarbeiter muß die Stoff- und Energieströme seines Bereichs regelmäßig und vollständig erfassen, um das Netz auswerten zu können. Die Frage ist: Was geht in den Produktionsprozeß ein und was verläßt ihn? Der Mitarbeiter wird buchen: "Material X1 geht in der Menge Y1 vom Eingangslager an die Produktion" oder "Material X2 geht in der Menge Y2 von der Produktion an das Ausgangslager." Allgemeiner: Was fließt in welchem Umfang und in welchem Zeitraum von Knoten a nach Knoten b? Neben diesen sogenannten Stromdaten gibt es auch Beständedaten. Beständedaten geben Aufschluß darüber, welche Stoffe zu einem bestimmten Zeitpunkt wo lagern. Obwohl wir uns über die Stoff- und Energie*ströme* informieren wollen, können wir auf Beständedaten nicht verzichten: Erst wenn die Bestände und Ströme miteinander verknüpft werden, formt sich ein vollständiges und zusammenhängendes Netz. Will man also die Stoff- und Energieströme eines Betriebes in einem zusammenhängenden Netz darstellen, müssen Strom- und Beständedaten erfaßt und verarbeitet werden.

Betrachten wir die Erfassung: Wenn Rohstoffe in Produktion gehen, verbucht der Mitarbeiter, daß ein Stoff in einer bestimmten Menge in den Produktionsbereich geflossen ist. Sodann vermindert er den Buchbestand des Stoffes im Eingangslager. Gehen aus der Produktion Produkte hervor, verbucht er wieder einen Stoffstrom und paßt die Lagerbestandsdaten an. Daraus darf nicht folgen, jeden Vorgang zweimal unabhängig voneinander verbuchen zu müssen: Dies ist arbeitsaufwendig, und allzu leicht schleichen sich Fehler ein. Wir wünschen uns einen Rechnungsstil, bei dem wir Stoffstrom und Bestandsänderung mit einem einzigen Buchungssatz erfassen. Zum Glück enthält der Buchungssatz für den Stoffstrom bereits die Informationen für die Bestandsveränderung: Anzupassen sind die Beständekonten, die im Buchungssatz genannt werden. Der Betriebswirt nennt eine Rechnung, die das leistet, eine *integrierte Strom- und Beständerechnung*.

Wünschen wir eine automatische Anpassung der Beständekonten, können nicht alle Knoten im Netz von gleicher Art sein. Bei den Lagern lassen sich Bestände verbuchen, bei Knoten für Produktionen ist das sinnvoll nicht möglich. Mit Knoten wie *Produktion* werden Transformationen von Rohstoffen in Produkte und Abfälle dargestellt. Die Rohstoffe sind der Aufwand, Produkte und Abfälle sind der Ertrag der Produktion. Im Netz der Stoff- und Energieströme müssen wir somit zwei Arten von Knoten unterscheiden:

1. Die Knoten der ersten Art nehmen Stoff- und Energiebestände auf. Was eingebracht wird, wird so wieder entnommen. Nichts geht verloren, nichts entsteht neu. Der Ort der Lagerung soll in Anlehnung an die Petri-Netz-Terminologie *Stelle* heißen. In graphischen Darstellungen verwenden wir Kreise oder Ellipsen, um Stellen zu kennzeichnen.
2. Mit der anderen Knotenart werden die Stoff- und Energieumwandlungen modelliert: Die eingehenden Rohstoffe verschwinden, Produkte und Abfälle entstehen neu. Die Knoten nennen wir *Transitionen* und stellen sie graphisch mit Quadraten oder Rechtecken dar.

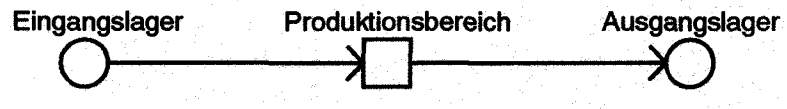

Abbildung 6: Netz mit zwei Stellen und einer Transition

Mancher, der unseren Ausführungen gefolgt ist, wird sagen: "Gibt's schon, gibt's schon!" Die kaufmännische doppelte Buchführung erfüllt die bisher genannten Anforderungen. Schauen wir uns das Konzept etwas näher an. Der Kaufmann unterscheidet in der doppelten Buchführung Bestände-, Aufwands- und Ertragskonten. Die Aufwands- und Ertragskonten sind mit den Transitionen vergleichbar. Das Aufwandskonto ist immer Ziel einer Kante, das Ertragskonto immer die Quelle. Die Beständekonten entsprechen den Stellen. Der Buchungssatz "Konto x an Konto y DM-Betrag z" bildet eine Kante im Netz der Konten. Der Rechnungsstil erlaubt eine einheitliche Erfassung unabhängig von der Art der Konten. Der Kaufmann gewinnt so über ein einheitliches Verfahren Daten für zwei Rechnungen; die Trennung vollzieht sich automatisch bei der Weiterverarbeitung. Am Ende aggregiert der Kaufmann die Bestände in der Bilanz und die Aufwands- und Ertragsgrößen in der Gewinn- und Verlustrechnung. Die Bilanz informiert über Struktur und Gesamtumfang der Bestände eines Betriebes. Die Differenz zwischen Ertrag und Aufwand liefert für einen bestimmten Zeitraum den Erfolg des Betriebes.

Die kaufmännische doppelte Buchführung ist an die Anforderungen des Kaufmanns angepaßt; sie sagt anderes aus als ein ökologisches Informationssystem. Trotzdem: Warum nicht die doppelte Buchführung übernehmen? Man verzichtet auf eine monetäre Bewertung, ersetzt diese durch den Stoffnamen und eine Mengenangabe. Stellen wir die Aufwands- und Ertragskonten als Transitionen dar und die Beständekonten als Stellen, dann liefert die doppelte Buchführung ein Netz, das in unverbundene Netzfragmente geteilt ist (Abb. 7). Es besteht in diesen Netzen kein Zusammenhang zwischen Aufwand und Ertrag. Dienlich ist das unseren Zwecken nicht.

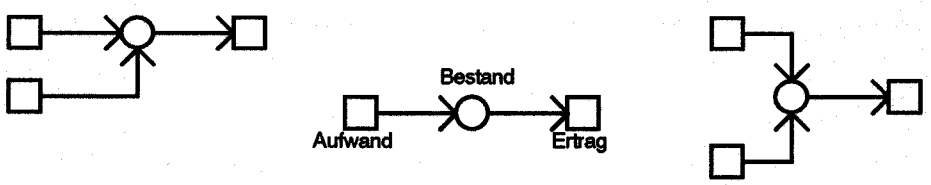

Abbildung 7: Fehlender Zusammenhang bei Unterscheidung und Trennung von Aufwand und Ertrag

Zusammenhängend soll das Netz sein. Knoten für Produktionsprozesse in Aufwands- und Ertragskonten zu zerlegen, wie es die doppelte Buchführung erfordert, ist sinnwidrig für zusammenhängende Netze der Stoff- und Energieströme. Warum legen wir nicht die korrespondierenden Transitionen für Aufwand und Ertrag zusammen? Jede Transition präsentiert sich dann als ein Konto mit Input- und Output-Seite. Verzichten wir also auf die Trennung von Aufwand und Ertrag, und wir erhalten eine Strukturierung des Betriebes.

Der Kaufmann darf im Rahmen der doppelten Buchführung Kanten zwischen beliebigen Konten ziehen. Relativ häufig ist der sogenannte Aktivtausch. Mit der Buchung "Kasse an Bank x DM" wird eine Kante zwischen zwei Beständekonten, zwischen zwei Stellen gezogen. Bei unserem Ansatz können wir Kanten solcher Art nicht akzeptieren. Kanten dürfen in einem Petri-Netz nie von Stelle zu Stelle oder von Transition zu Transition gezogen werden.

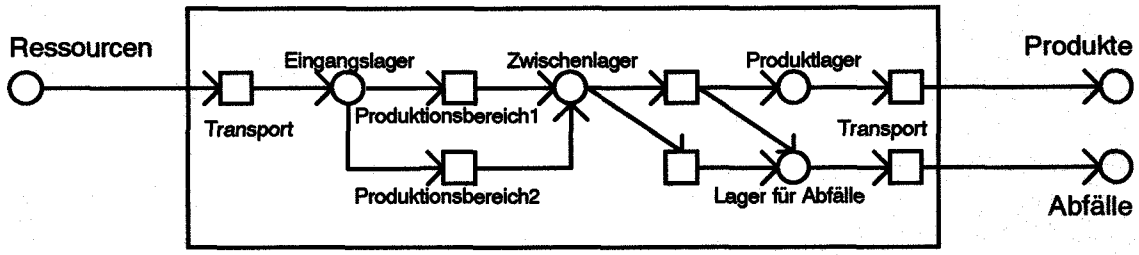

Abbildung 8: Darstellung der Stoff- und Energieflüsse mit einem Petri-Netz

Der Grund: Zum Zwecke der Auswertung wollen wir bestimmte Teilnetze gedanklich aus dem Netz herausschneiden und durch eine einzige Transition ersetzen. Bei einer solchen *Vergröberung* haben die Kanten, die in die Vergröberung hineinzeigen, eine Transition als Ziel; die Kanten, die aus der Vergröberung herauszeigen, gehen von einer Transition aus. Auf diese Weise entsteht wieder ein Petri-Netz, bei dem sich Stellen und Transitionen abwechseln. Zwei Beispiele:

- Abbildung 9 zeigt die Vergröberung aller Produktionsbereiche aus Abbildung 8 zu einer Transition "Produktion"; ausgenommen bleiben die Ein- und Ausgangslager sowie die Transporte.
- Vergröbert man den gesamten Betrieb zu einer Transition (vgl. Abb. 2), kann man damit die Öko-Bilanz des Betriebes errechnen.

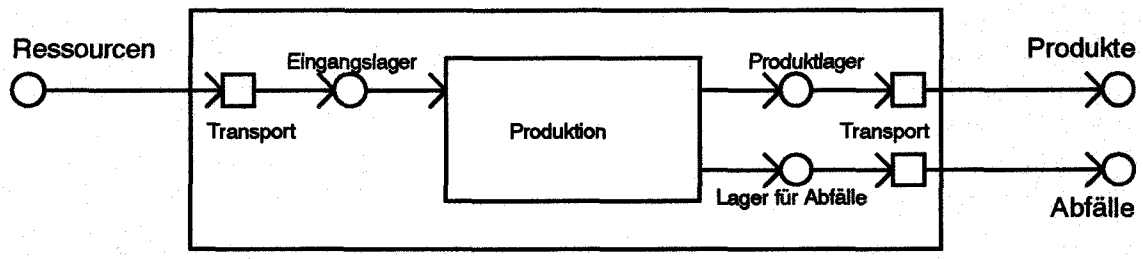

Abbildung 9: Vergröberung verschiedener Produktionsbereiche (vgl. Abb. 8) zu einer Transition "Produktion"

Rekapitulieren wir die bisherigen Betrachtungen: Das System zur Erfassung von Umweltdaten leitet sich ab aus den Erfordernissen des diskursorientierten betrieblichen Umweltschutzes; es knüpft daran an, daß im Betrieb Rohstoffe in Produkte und Abfälle transformiert werden. Um die Stoff- und Energieströme innerhalb des Betriebes zu erfassen, teilen wir den Betrieb in Bereiche ein, die wir als Stellen und Transitionen darstellen. Auf dieser Grundlage läßt sich eine integrierte Strom- und Beständerechnung realisieren. Die Strombuchungen bilden die Kanten im Netz. Stellen werden nie direkt mit Stellen verbunden und Transitionen nie direkt mit Transitionen. Das Mittel der Vergröberung erlaubt es, das Netz auf unterschiedlichen Ebenen auszuwerten.

Formale Grundlagen

Es ist an der Zeit, den theoretischen Hintergrund der Petri-Netze vorzustellen. Wir werden uns wenige mathematische Grundlagen ansehen, um das exakt zu fassen, was bislang informell beschrieben worden ist (vgl. Reisig 1982).

Sei eine Menge A gegeben. Die Elemente der Menge sollen Knoten heißen. Der Mathematiker nennt jede Teilmenge $R \subseteq A \times A$ einen Graphen. Die Menge R liefert einen Satz von Kanten zwischen den Knoten der Menge A. Graphen mit Beschriftungen an den Kanten heißen etikettierte Graphen. Das Etikett enthält zusätzliche Informationen. Etikettierte Graphen sind uns bereits begegnet: Die Strombuchungen geben nicht nur Quell- und Zielknoten an, sie enthalten auch das Etikett der Kanten: Stoff, Menge und Mengeneinheit.

Ein Petri-Netz ist ein spezieller Graph. Der Mathematiker faßt es exakt: Das Petri-Netz ist ein Tripel $N=(S,T,F)$ mit einer Menge S für die Stellen, einer Menge T für die Transitionen und einer Flußrelation $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$. Es gilt $S \cap T = \varnothing$. Die Menge F liefert einen Satz von Kanten zwischen den Stellen und Transitionen. Die spezielle Definition von F stellt sicher, daß niemals Kanten von Transition zu Transition oder von Stelle zu Stelle gehen können.

Definieren wir die Netzvergröberung: Sei $N=(S,T,F)$ ein Netz und $A \subseteq S \cup T$ ein Teilmenge der Stellen und Transitionen. Ein Element $a \in A$ befindet sich auf dem Rand von A, wenn es ein weiteres Element b gibt mit den Eigenschaften: $b \in (S \cup T)$, $b \notin A$ und $(a,b) \in F \vee (b,a) \in F$, es existiert dann eine Kante zwischen a und einem Element aus $S \cup T$ ohne A. Die Menge A heißt transitionsberandet, wenn alle Elemente des Randes Transitionen sind. Wenn die Menge $A \subseteq S \cup T$ transitionsberandet ist, kann man das Teilnetz A vergröbern zu einer einzigen Transition, die alle Knoten in A ersetzt. Die Kanten, die von außen auf Knoten des Randes von A verweisen, zeigen dann auf die einzelne Transition. Kanten, die vom Rand nach außen gerichtet sind, gehen dann von der einzelnen Transition ab. Dieser Vorgang nennt sich Vergröberung.

Die Netztheorie hat nichts mit der Fischerei zu tun. Die Bezeichnung Petri-Netz geht zurück auf Carl Adam Petri. Mittlerweile haben die Mathematiker eine umfassende Netztheorie entwickelt. Wir können uns auf die Erkenntnisse abstützen, sie gegebenenfalls für Erweiterungen des Ansatzes heranziehen.

Die Formalisierung zeigt, daß der Petri-Netz-Ansatz direkt anwendbar ist; er kann unmittelbar als methodische Grundlage für die Spezifikation unterstützender EDV-Software herangezogen werden. Leider kann man nicht beweisen, daß der Petri-Netz-Ansatz die optimale Technik zur Erfassung von Umweltdaten im Rahmen des diskursorientierten betrieblichen Umweltschutzes ist. Über die Angemessenheit haben die Anwender zu entscheiden.

Eine Anwendung

Im Verlauf der bisherigen Betrachtungen haben wir beispielhaft das Netz eines Betriebes entwickelt (Abb. 8). Benutzen wir also das Netz, um innerhalb eines Produktionsbereichs Daten zu erfassen und auszuwerten. Untergliedert man einen Produktionsbereich nicht weiter, sind für die Auswertung drei

Knoten von Bedeutung: Ein- und Auslagslager als Stellen und ein Produktionsknoten als Transition.

Abbildung 10: Teilnetz für einen Produktionsbereich

In den Lager befinden sich Stoffe. Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über die Buchbestände:

Stelle	Material	Menge	Einheit
Eingangslager	Rohstoff_1	1000	kg
Eingangslager	Rohstoff_2	2000	kg
Ausgangslager	Zwischenprodukt	500	kg
Ausgangslager	Abfall_1	750	kg
Ausgangslager	Abfall_2	900	kg

Es folgen für einen Zeitraum eine Reihe von Strombuchungen. Mehrere Buchungen für einen Quellknoten, einen Zielknoten und ein Material sind erlaubt.

Quellknoten	Zielknoten	Material	Menge	Einheit
Eingangslager	Produktionsbereich	Rohstoff_1	500	kg
Eingangslager	Produktionsbereich	Rohstoff_2	500	kg
Produktionsbereich	Ausgangslager	Zwischenprodukt	600	kg
Produktionsbereich	Ausgangslager	Abfall_1	300	kg
Produktionsbereich	Ausgangslager	Abfall_2	50	kg
Produktionsbereich	Ausgangslager	Abfall_1	30	kg
Produktionsbereich	Ausgangslager	Zwischenprodukt	20	kg

Ziehen wir Bilanz für den Produktionsbereich. Oder präziser: Ziehen wir Bilanz darüber, welche Stoffmengen in die Transition "Produktionsbereich" eingehen (Input-Seite der Bilanz) und welche Stoffmengen aus der Transition "Produktionsbereich" hervorgehen (Output-Seite der Bilanz):

Input-Seite			Output-Seite		
Material	Menge	Einheit	Material	Menge	Einheit
Rohstoff_1	500	kg	Zwischenprodukt	620	kg
Rohstoff_2	500	kg	Abfall_1	330	kg
			Abfall_2	50	kg

Das Teilnetz für den Produktionsbereich bettet sich eine in das zusammenhängende Netz des Betriebes (Abb. 8). Das Eingangslager des Produktionsbereichs wird aufgestockt durch Buchungen vorgelagerter Arbeitsbereiche; nachgelagerte Bereiche entnehmen dem Ausgangslager des Produktionsbereichs die Zwischenprodukte und Abfälle.

Mit Hilfe der Vergröberung können weitere Öko-Bilanzen aufgestellt werden. Beispiel: Auf der Input-Seite der Öko-Bilanz des Betriebes erscheinen alle

Stoffströme, die von extern an Transport gehen, die also die Betriebsgrenze nach innen kreuzen. Auf der Output-Seite erscheinen die Stoffe, die die Betriebsgrenze nach außen kreuzen. Weiteres Beispiel: Abbildung 9 zeigt die Vergröberung aller Produktionsbereiche zu einer Transition "Produktion"; auch für diese Transition können wir eine Öko-Bilanz aufstellen.

Das Beispiel der Auswertung zeigt, wie die Umweltdaten insbesondere in Form der Öko-Bilanz aufbereitet werden. Wir können Öko-Bilanzen für viele Bereiche und Ebenen aufstellen – abhängig von der gewählten Vergröberung. Die Mitarbeiter erhalten die Umweltdaten, die sie benötigen.

Aussichten

Die bisherigen Ausführungen haben eine erste Vorstellung vermittelt, wie ein Erfassungssystem im Rahmen des diskursorientierten betrieblichen Umweltschutzes ausgestaltet sein könnte. Einige Fragen bleiben aber noch offen:

- Wie ist ein angemessener Vergröberungsmechanismus zu realisieren? Wir haben die Vergröberung zum Zwecke der Auswertung eingeführt. Ungeklärt ist, wie sich die Aussagen eines Netzes mit der Vergröberung verändern. Die Veränderung der Aussage mit der Vergröberung ist einerseits sehr wünschenswert und dient dem Diskurs, weil auf unterschiedlichen Ebenen unterschiedlicher Informationsbedarf besteht; auf der anderen Seite ist zu untersuchen, wie der Aussagewert in den verschiedenen Ebenen an den jeweiligen Interessen angepaßt bleibt. Ein Beispiel ist die Öko-Bilanz des Betriebes, die für die höchste Management-Ebene interessant ist, vielen anderen Mitarbeitern aber wenig sagt. Die Mitarbeiter benötigen über ihren Arbeitsbereich Umweltdaten, die wiederum dem Management nichts nützen.
- Wie sieht eine angemessene Stoffhierarchie aus? Wir haben bisher auf eine nähere Charakterisierung des Begriffes *Stoff* verzichtet. Hier besteht Klärungsbedarf.
- Welche Möglichkeiten eröffnet die Simulation? Petri-Netze können als konzeptionelle Grundlage von Simulationen herangezogen werden.

Vielleicht ergeben sich bei der Behandlung der Fragen aus dem Petri-Netz-Ansatz noch weitere hier nicht angesprochene Erkenntnisse; aber schon in der vorläufigen Version erweist er sich als nützliche Technik, die Stoff- und Energieströme in einem Betrieb zu erfassen.

Umweltdaten für den betrieblichen Umweltschutz bereitzustellen, ist ein vergleichsweise komplexes Anliegen. Wir benötigen eine angemessene Unterstützung durch EDV-Systeme. Der Petri-Netz-Ansatz dient als methodische Grundlage für die Gestaltung der Software. Bei deren Entwicklung sind insbesondere die Grundsätze der anfänglich beschriebenen Perspektive zu beachten: Diskurs auf der Basis von Umweltdaten, Wertewandel, Lernen, Verantwortlichkeit.

Die Betrachtungen beziehen sich in dieser Abhandlung auf den einzelnen Betrieb. Informationssysteme auf der Basis des Petri-Netz-Ansatzes können wir auch in anderen Anwendungsfeldern einsetzen:

- Das Informationssystem beschränkt sich auf kleine Subeinheiten eines Betriebes und/oder auf bestimmte Materialien. Der große Wurf ist nicht immer

erforderlich. Problembereiche dienen als Einstieg; bei Bedarf wird das Netz erweitert.

- Das Konzept wird über die Grenzen des Betriebes hinweg auf logistische Netze ausgedehnt.
- Der Ansatz beschränkt sich nicht auf die Privatwirtschaft. Auch in staatlichen Organisationseinheiten eröffnen sich Anwendungsfelder.
- Die doppelte Buchführung weicht wie oben erläutert in zweierlei Hinsicht vom Petri-Netz-Ansatz ab. Wenn man auf diese Ausnahmen verzichtet: Ändert sich dann das Verständnis der doppelten Buchführung? Folgt daraus ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn?

Zusammenfassung

Auf der Basis des Petri-Netz-Ansatzes läßt sich ein Informationssystem formen, das Umweltdaten sammelt, systematisiert und für den diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz nutzbar macht:

- Das Informationssystem stellt die Stoff- und Energieströme innerhalb des Betriebes dar.
- Strom- und Beständedaten werden in einer integrierten Strom- und Bestände-rechnung verknüpft. Wir erfassen Stoffstrom und Bestandsänderung mit einem einzigen Buchungssatz und unterscheiden zwei Arten von Knoten: Stellen und Transitionen.
- Eine Trennung von Aufwand und Ertrag macht bei Stoff- und Energieströmen keinen Sinn. Wir ziehen sie sinnvoll zusammen, um ein zusammenhängendes Netz zu gewinnen.
- Stellen und Transitionen wechseln sich im Netz ab, und zwar so, daß keine Kanten gezogen werden zwischen zwei Stellen oder zwischen zwei Transitionen.
- Die Vergröberungen von Teilnetzen erlauben die Auswertung in verschiedenen Bereichen und auf unterschiedlichen Ebenen; jeder Mitarbeiter erhält die Umweltdaten, die ihn interessieren.

Die globalen Umweltveränderungen resultieren aus der Transformation von natürlichen Ressourcen in nicht verwertbare Abfälle, weltweit, groß. Im Betrieb werden die Stoff- und Energieströme dokumentiert von Informationssystemen auf methodischer Grundlage des Petri-Netz-Ansatzes. Der Petri-Netz-Ansatz dient einem Leitbild: dem diskursorientierten betrieblichen Umweltschutz. Der wiederum hat zum Ziel, neue Werte und Einstellungen in der Gesellschaft zu etablieren – als Drehpunkt einer mit dem Ökosystem Erde verträglichen Wirtschaftsform.

Literatur

Al Gore: Wege zum Gleichgewicht, S. Fischer, Frankfurt a.M. 1992

Bamberg, G., Coenenberg, A.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, 5. Auflage, Vahlen, München 1989

Coenenberg, A.: Jahresabschluß und Jahresabschlußanalyse, 10. Auflage, verlag moderne industrie, Landsberg am Lech 1988

Denert, E.: Software-Engineering, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1991

Floyd, C.: Softwareentwicklung als Realitätskonstruktion, in: Lippe, W.-M. (Hrsg.): Software-Entwicklung: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1989

Habermas, J.: Theorie des kommunikativen Handelns, 2 Bände, Suhrkamp, Frankfurt a.M. 1981

Müller, A.: Unternehmen auf dem Prüfstand, Umweltmagazin 4/1992

Petri, C. A.: Kommunikation mit Automaten, Schriften des Instituts für Instrumentelle Mathematik, Bonn 1962

Reisig, W.: Petrinetze, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1982

Seidel, E.: "Wollen" und "Können" – Auf dem Wege zu einer ökologisch verpflichteten Unternehmensführung, in: ZfO 2/89

Ökologistik und Computersimulation

Dr. Lorenz M. Hilty, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg

Zusammenfassung

Eine ökologisch orientierte Logistik (Ökologistik) muß in vierfacher Hinsicht über die heutigen Ansätze zur Optimierung von Güterflußsystemen hinausgehen: Die Entsorgung der Produkte, materialwirtschaftliche Entscheidungen, Beziehungen zwischen Güter- und Personenverkehr und schließlich der Nachrichtenverkehr müssen in ihren langfristigen Auswirkungen berücksichtigt werden. Zur Identifikation von Logistikstrategien, die auch unter sich dynamisch verändernden Randbedingungen durchhaltbar sind, ist die computergestützte Modellbildung und Simulation ein notwendiges Hilfsmittel. Ein Beispiel hierfür ist das Simulationsmodell JAM. Auch die Erstellung von Ökobilanzen kann durch Einsatz von Simulationsmodellen unterstützt werden.

1. Logistik, Verkehr und Umwelt

Logistik umfaßt die Gestaltung und Steuerung von Güterflußsystemen. Betrachten wir diese Aussage von Gösta B. Ihde (1991) als provisorische Definition, so läßt sich folgern, daß alle ökonomischen Prozesse mit logistischen Aktivitäten verbunden sind, selbst wenn dies den Beteiligten im Einzelfall nicht bewußt ist. Denn erstens fließen bei jedem Produktions- oder Konsumtionsprozeß Güter durch kleinere oder größere räumliche Einheiten, und zweitens müssen diese Güterflüsse immer auf die eine oder andere Weise gesteuert, also durch Informationsprozesse in Raum und Zeit koordiniert werden. Anderenfalls würden sie zufällig ablaufen und könnten nur wenig Nutzen stiften.

In diesem Sinne ist Logistik zunächst nicht mehr als eine bestimmte Betrachtungsweise ökonomischer Prozesse, eine Betrachtungsweise nämlich, die den raumzeitlichen Transfer von Gütern und die Koordination dieser Transfervorgänge durch Informationen in den Vordergrund stellt. Diese Betrachtungsweise macht Möglichkeiten zur Umgestaltung bewußt.

Immer mehr Unternehmen entdecken das "logistische Denken" als Rationalisierungsinstrument. Schlagworte wie "Ganzheitlichkeit" und "Systemdenken" prägen die moderne Unternehmenslogistik: "Kennzeichnend für das Systemdenken ist unter anderem die Erkenntnis, daß das Systemverhalten stark von der Systemumwelt abhängig ist. Das Systemdenken legt es deshalb nahe, Teile dieser Umwelt nicht als unbeeinflußbare Variablen (Daten) hinzunehmen, sondern durch Ausdehnung der Systemgrenzen zu beeinflußbaren Variablen zu machen." (Pfohl 1990, S. 37).

Die folgenden Varianten logistischer Denkansätze nach Ingrid Göpfert (1992) können als Stationen auf dem Weg zu einem umfassenden Systemdenken interpretiert werden:

- *Dienstleistungsorientierte Logistik:* Ihren Gegenstand bilden "... die Raum- und Zeitüberbrückungsprozesse und die damit zusammenhängenden Transformationen bezüglich der Gütermengen und -sorten und der Güterhandhabungseigenschaften. Im Vordergrund stehen die physischen Logistikprozesse, wie Lagern, Transportieren, Kommissionieren und weniger die Verknüpfung der logistischen Aktivitäten zu einem durchgängigen Materialfluß." (Göpfert 1992, S. 154)
- *Prozeßkettenorientierte Logistik:* Hier steht die horizontale Verknüpfung der physischen Überbrückungs- und Ordnungsleistungen zu Materialflüssen einschließlich der dazugehörenden Informationsflüsse im Vordergrund.
- *Koordinationsorientierte Logistik:* Dieser Ansatz ist der umfassendste, weil er auch die vertikale Koordination über alle Systemebenen und damit sämtliche den Materialfluß bestimmenden Informationsprozesse miteinbezieht.

Endziel dieser Entwicklung ist die unternehmensübergreifende Optimierung logistischer Ketten vom Rohstoff bis zur Auslieferung des Endprodukts. Dem physischen Güterfluß entgegengesetzt laufen Informationsketten, die Marktsignale an alle Produktionsstufen weitergeben und für eine marktorientierte Steuerung der Produktion sorgen. Das "Prinzip push" wird durch das "Prinzip pull" ersetzt (Pignitter/Tiefenbrunner 1990). Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Berechenbarkeit aller beteiligten Prozesse nehmen laufend zu.

Gerade diese Entwicklung wird unter ökologischen Gesichtspunkten skeptisch beurteilt (vgl. Rolf 1991). Häufig wird die "Just-in-time-Philosophie" als Ursache fortschreitender Umweltbelastung durch Güterverkehr und auch ökonomischer Risiken gesehen (Hahn 1990, Holzapfel 1992), aber auch das exakte Gegenteil wird vertreten (Ihde 1990). Bei langfristiger Betrachtung ist es durchaus denkbar, daß der Konflikt zwischen immer höheren Pünktlichkeitsanforderungen und der immer geringeren Kalkulierbarkeit von Straßentransporten durch Verkürzung der Transportwege gelöst wird. Das bedeutet, daß Zulieferfirmen wieder in die Nähe ihrer Abnehmer rücken. Gerhard Sauerbrey (1991) sagt einen der heutigen Globalisierungstendenz entgegenlaufenden Trend zur "Neo-Regionalisierung" logistischer Systeme voraus.

Obwohl auch Umschlag, Lagerung und innerbetriebliche Transporte mit Umweltbelastungen einhergehen, ist der Verkehr zweifellos der ökologisch relevanteste Aspekt logistischer Aktivitäten. Er entwickelt sich zu einer Hauptursache der Umweltbelastung in den modernen Industriestaaten. Dies gilt besonders für den Anteil des Verkehrs an den *Schadstoffemissionen.* Nach Schätzungen des Umweltbundesamtes wird der Anteil des Verkehrs an den gewichteten Gesamtemissionen der Bundesrepublik im Jahr 1995 bereits 52,8 Prozent betragen (Bundesminister für Umwelt 1988). Die bisherigen Prognosen haben die Entwicklung der letzten Jahre eher unterschätzt. Das ungebremste Verkehrswachstum, das hauptsächlich Straßenverkehr getragen wird, droht die Effekte von "end-of-the-pipe"-Technologien (z.B. Abgaskatalysatoren und Rußfilter) auf Jahrzehnte hinaus zu kompensieren. Der Verkehrssektor deckt seinen Energiebedarf fast zu 100 Prozent aus Erdöl und zeigt im Vergleich mit anderen Sektoren die höchsten Wachstumsraten im Energieverbrauch.

In den EG-Staaten hat sich die Verkehrsleistung bei Personen und Gütern (gemessen in Personenkilometern bzw. Tonnenkilometern) seit 1970 mehr als verdoppelt, wobei der Straßengüterverkehr und der Passagierluftverkehr in diesem Zeitraum und auch zukünftig (nach verschiedenen Prognosen bis

1995 bzw. bis 2010) die höchsten Wachstumsraten verzeichnen (EG-Kommission 1991, 1992). Unter Status-quo-Bedingungen wird für die Bundesrepublik eine Zunahme der Verkehrsleistung im Personenverkehr um 32% (Straße: 37%) und im Güterverkehr um 77% (Straße: 111%) im Zeitraum 1988 bis 2010 prognostiziert (Ewers 1991). Ökologisch besonders verhängnisvoll ist das zu erwartende überproportionale Wachstum des Straßengüterverkehrs, der trotz seines heute geringen Anteils an der Fahrleistung im Straßenverkehr (rund 10 Prozent) bereits rund *ein Drittel* der Stickoxid-Emissionen und mehr als *zwei Drittel* der Ruß- und Staubemissionen des Straßenverkehrs verursacht (Seifried 1991). Dieselfahrzeuge sind zwar hinsichtlich Kraftstoffverbrauch, Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen günstiger als Fahrzeuge mit Ottomotoren, ihre Abgase lassen sich jedoch aufgrund des dieseltypischen Luftgemisches nicht mit Katalysatortechnik reinigen. Ein großes Problem sind die wachsenden Stickoxidemissionen, die eine Hauptursache der Sekundäremission Ozon darstellen.

Die Logistik bietet prinzipiell vielfältige Chancen für eine ökologisch optimale Gestaltung und Steuerung von Güterflußsystemen. Diese Möglichkeiten werden zunehmend erkannt und konzeptionell ausgearbeitet (vgl. Macher 1991, Göpfert 1992, Frerich-Sagurna 1991, Haasis 1992). Wenn heute logistische Innovationen dennoch unter dem Strich zusätzlichen Straßenverkehr und damit auch steigende Umweltbelastung induzieren, so hat dies zwei Gründe.

Erstens schaffen dauerhaft niedrige Preise für Energie, Mobilität und Abfallentsorgung Anreize zu einem verschwenderischen, unökonomischen Umgang mit diesen zentralen Ressourcen. Die Marktpreise spiegeln nicht die tatsächliche ökologische Knappheit wieder, die inputseitig durch die begrenzten Rohstoffvorräte, outputseitig durch die begrenzte "Aufnahmeknappheit" der Umwelt für Emissionen und Abfälle gegeben ist. Es wird vom Staat geradezu erwartet, daß er diese Zentralressourcen ungeachtet ihrer ökologischen Knappheit billig zur Verfügung stellt (vgl. Minsch 1992a, Binswanger/Minsch 1992). Je besser die Logistik ihre Aufgabe der Optimierung von Güterflußsystemen erfüllt, desto besser gelingt den Unternehmen die Anpassung an die jeweiligen Rahmenbedingungen, in diesem Falle also an die Voraussetzung billiger Energie, Mobilität und Entsorgung. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sich heute sehr energie- und transportintensive Logistiksysteme herausbilden, realisierbar unter anderem durch eine immer perfektere Informations- und Kommunikationstechnologie. Aufgrund billiger Entsorgungsmöglichkeiten zeigen anthropogene Ökosysteme (urbane Siedlungen) im Gegensatz zu natürlichen Ökosystemen "aus stofflicher Sicht keine signifikante Kreislaufwirtschaft. Es sind praktisch reine ´Durchflußreaktoren´. Sie benötigen deshalb nicht nur ein geographisch weit gefaßtes Gebiet für die Versorgung, sondern auch eines für die Entsorgung." (Baccini et al. 1993).

Das Zusammenwirken von niedrigen Transportpreisen und technischem Fortschritt bei der Informationsübermittlung und -verarbeitung führt dazu, daß übersteigerte Anforderungen an Schnelligkeit, Pünktlichkeit und Flexibilität von Raumüberbrückungsleistungen gestellt und mit immer höherer Belastung von Infrastruktur und Umwelt realisiert werden. Auch werden immer größere Transportdistanzen für relativ geringe Vorteile in Kauf genommen.

Ein Beispiel für "logistisch induzierte" Umweltbelastung ist der schnell wachsende, weltweite Handel mit Schnittblumen, der zum großen Teil vom

holländischen Dorf Aalsmeer aus kontrolliert wird: In den Erzeugerländern wird das Blumenwachstum in Abhängigkeit von der aktuellen Marktentwicklung gesteuert. Dies ist möglich durch einen hohen technischen Aufwand bis hin zu computergesteuerten Gewächshäusern mit massivem Einsatz von Kunstdünger und Pestiziden. Die zeitkritische Ware wird als Luftfracht und per Kühl-LKW in die Abnehmerländer transportiert. In Aalsmeer, wo sich das logistische Zentrum befindet, laufen die weltweiten Informationsflüsse zusammen, die erst eine wirtschaftliche Organisation dieser logistischen Ketten von der Produktion bis zum Absatz der Ware ermöglichen (vgl. Läpple 1990). Ökologisch sinnvoll sind weder die naturferne Produktionsform noch die aufwendigen Transporte.

Zweitens ist aber auch der Horizont der modernen Logistik, so sehr sie auch "Systemdenken" und "Ganzheitlichkeit" auf ihre Fahnen schreibt, noch zu eng, um der ökologischen Herausforderung zu begegnen. Dies wird sich in dem Maße zeigen, wie veränderte Rahmenbedingungen Anpassungleistungen in Richtung einer ökologisch effizienteren Logistik erfordern. Viele Unternehmen rechnen mit solchen Veränderungen (staatliche Regelungen, zunehmende Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Verkehrs- und Umweltprobleme, Verkehrsinfarkt) und äußern eine große Bereitschaft, sich vorbeugend anzupassen. Eine Untersuchung von Sabine Spelthahn, Ulrich Schloßberger und Ulrich Steger zum Umweltbewußtsein von großen Verladern und Spediteuren hat ergeben, daß heute bereits 90 Prozent der Verlader mit zunehmender gesellschaftlicher Kritik am wachsenden Verkehrsaufkommen rechnen. 72 Prozent gehen davon aus, daß der LKW-Verkehr aufgrund von gesellschaftspolitischen Einflüssen zukünftig eingeschränkt wird. Die Spediteure verhalten sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, dagegen eher abwartend und bevorzugen eine defensive Strategie (Spelthahn/Schloßberg/Steger 1993).

Die logistische Betrachtungsweise ökonomischer Prozesse, wie sie oben skizziert wurde, bedarf einer *vierfachen Erweiterung*, um als ganzheitlich im ökologischen Sinne gelten zu können. Konkret müssen die Aspekte Entsorgung, Materialwirtschaft, Personenverkehr und Nachrichtenverkehr in die Logistik voll integriert werden. Diese Erweiterungen, die ich in den folgenden Abschnitten erläutern möchte, sind notwendige Voraussetzungen für eine "Ökologistik".

Ein erstes Signal in Richtung Ökologistik setzt der Kunert-Konzern, der in seiner neuen Ökobilanz erstmals die Gütertransporte innerhalb des Konzerns, aber auch die externen Beschaffungs- und Absatzkanäle, den Berufspendlerverkehr und die Dienstreisen der Arbeitnehmer berücksichtigt. Aufbauend auf dieser Bestandsaufnahme plant Kunert ökologistische Konzepte zu entwikkeln, die die teilweise Vermeidung oder zumindest relativ umweltschonende Durchführung dieser Überbrückungsleistungen zum Ziel haben.

1.1 Einbeziehung der Entsorgungskanäle

Diese Erweiterung ist in der modernen Logistik bereits etabliert. Die horizontale Einteilung der Logistik in Beschaffung, Produktion und Distribution wird um die "vierte Dimension" Entsorgung ergänzt (Spitzenpfeil 1990). In den Bereich der Entsorgungslogistik fallen die zum Recycling oder zur Beseitigung von Abfällen erforderlichen räumlichen und zeitlichen Überbrückungs- und Ordnungsleistungen.

Hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen muß die Entsorgungslogistik allerdings differenziert betrachtet werden. Die oben nach Göpfert (1992) zitierte dienstleistungsorientierte Logistik würde den bestehenden logistischen Strukturen lediglich eine optimierte "Entsorgungsdienstleistung" als eine Form von "end of the pipe"-Technologie hinzufügen und könnte nicht zur ökologisch viel sinnvolleren Abfallvermeidung beitragen. Mindestens eine horizontale Integration der logistischen Prozesse im Sinne der prozeßkettenorientierten Logistik ist erforderlich. Reinhardt Jünemann (1989) betont diese Beziehungen der Entsorgungslogistik zu den vorgelagerten Stufen der logistischen Kette:

> *"Hierbei muß insbesondere das Ziel gesehen werden, von Anfang an keine Teiloptimierungen bzw. Insellösungen zu schaffen, sondern nach ganzheitlichen Lösungen zu suchen. [... Von der Entsorgungs-] Zur Produktions- und Beschaffungslogistik sind zahlreiche Beziehungen vorhanden ... Was nicht beschafft wird, braucht auch nicht entsorgt zu werden!" (Jünemann 1989, S. 60).*

Wenn ökologisch optimale Gesamtlösungen angestrebt werden, genügt es jedoch nicht, innerhalb eines Unternehmens logistisch optimale Strukturen zu schaffen, gleichzeitig aber die Verantwortung für die spätere Entsorgung der Produkte allein dem Kunden aufzubürden. Soll das von Jürg Minsch und Bruno Cabernard postulierte "Prinzip Materialverantwortung" verwirklicht werden (Minsch/Cabernard 1991, Minsch 1992b), sind Systeme der Retrodistribution aufzubauen, die eine Rücknahme und Verwertung von ausgedienten Produkten durch den Produzenten vorsehen.

Das Konzept der Retrodistribution beruht auf dem naheliegenden Gedanken, daß Abfälle als "Rohstoffe am falschen Ort" (Minsch 1992b) zu betrachten sind und folglich durch logistische Leistungen an den "richtigen Ort", d. h. an einen Ort gebracht werden sollten, an dem sie Nutzen stiften können. Dies ist jedoch nur dann ein ökologischer Fortschritt, wenn zwei – leider häufig übersehene – Voraussetzungen erfüllt sind. Erstens muß das Ziel der *Ressourcenwerterhaltung* schon beim Produktdesign Beachtung finden. Die Produkte müssen demontage- oder recyclinggerecht, aber auch "logistikgerecht" konstruiert werden, damit sie später wirtschaftlich weiterverwendet oder verwertet werden können, also auch nach ihrem Gebrauch einen möglichst hochwertigen Rohstoff darstellen. Hier ist vor allem die Forderung nach "niedrigentropischem Design" zu nennen, die die Konstruktion von Produkten mit leicht trennbaren, recyclingfähigen Stoffen beinhaltet (Stahlmann 1988). Zweitens muß der entsorgungslogistische Aufwand (Transport, Umschlag, Lagerung, Ordnungsleistungen) mit seinen oft erheblichen, vor allem durch den Güterverkehr bedingten Belastungen als ökologischer Negativposten berücksichtigt werden. In diesem Sinne sind kleinräumige Kreisläufe mit eher arbeitsintensiver Materialtrennung den großräumigen Kreisläufen mit zentralisierten "Recyclingfabriken" mit energieintensiven Sortier- und Aufbereitungsanlagen vorzuziehen. In der Regel ist das "closed loop recycling", also die Rückführung von Abfällen in den ursprünglichen Produktionsprozeß, ökologisch günstiger als das "open loop recycling", das lediglich die Herstellung anderer, meist minderwertiger Produkte aus den Abfällen ermöglicht.

1.2 Integration von Materialwirtschaft und Logistik

Wie das oben erwähnte Ziel der Ressourcenwerterhaltung schon erkennen läßt, hat die Materialwirtschaft eines Unternehmens in ökologischer Hinsicht eine Schlüsselfunktion. Ihre klassische Aufgabe ist die bedarfsgerechte Bereitstellung von Materialien zu minimalen Kosten. Volker Stahlmann (1988) hat Wege zu einer "ökologisch integrierten Materialwirtschaft" aufgezeigt.

Zwischen Materialwirtschaft und Logistik bestehen große Überschneidungen. Die Materialwirtschaft nutzt die Beschaffungs- und Produktionslogistik, um die dynamischen Anforderungen an den Materialfluß (Materialsteuerung, -lagerung und -verteilung) optimal zu erfüllen. Wenn ökologisch optimale Gesamtlösungen angestrebt werden, können aber auch die statischen (d. h. langfristig wirksamen) materialwirtschaftlichen Aufgaben und Entscheidungen nicht unabhängig von logistischen Fragen betrachtet werden. Die Struktur und Effizienz eines logistischen Systems und seine inhärenten ökonomischen und ökologischen Risiken werden von materialwirtschaftlichen Entscheidungen nachhaltig geprägt. Beispielsweise kann die Beschränkung auf wenige Materialien nicht nur Lagerkosten sparen, sondern auch den Transportaufwand und die damit verbundenen Umweltbelastungen erheblich reduzieren. Die Straffung des Materialien- und Teilespektrums bis hin zu einem konsequenten "Baukastensystem" (Stahlmann 1988) ist eine wesentliche Grundlage des oben erwähnten Prinzips der Ressourcenwerterhaltung und damit auch die beste Vorsorge für die Sicherstellung einer wirtschaftlichen Retrodistribution.

1.3 Einbeziehung des Personenverkehrs

Im Dienstleistungssektor ist der verursachte Berufspendler- und Kundenverkehr häufig der größte Posten in betrieblichen Ökobilanzen. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der zunehmenden Zentralisierung von Dienstleistungen zu beachten, die zu einer weiteren Zunahme des Personenverkehrs in Ballungsräumen führt (vgl. EG-Kommission 1991, 1992). Aus diesem Grund können sich ökologistische Konzepte nicht auf den Güterverkehr beschränken.

Zwischen Güter- und Personenverkehr bestehen ferner vielfältige Substitutionsbeziehungen. Beispielsweise verursacht ein großer Supermarkt weniger Güterverkehr, aber mehr Personenverkehr als eine Kette von "Tante-Emma-Läden". Der private Einkaufsverkehr zum zentralen Supermarkt übernimmt die letzte Stufe der Warendistribution. Hauslieferdienste substituieren umgekehrt Personen- durch Güterverkehr (Beispiel: Der Anruf beim Pizzaservice erspart den Gang oder die Fahrt zur Pizzeria). Die Standortwahl für einen Produktionsbetrieb kann sich gegenläufig auf die Umweltbelastungen durch Personen- und Güterverkehr auswirken, wenn z. B. am weiter entfernten Standort mit einem ökologisch günstigeren modal split des Berufspendlerverkehrs zu rechnen ist. In der Kunert-Ökobilanz zeigt sich eine hohe Standortabhängigkeit der Verkehrsmittelwahl. Solche Wechselwirkungen zwischen Güter- und Personenverkehr muß die Ökologistik berücksichtigen.

1.4 Einbeziehung von Nachrichtenverkehr und Telematik

Der Nachrichtenverkehr ist wie der physische (materielle) Verkehr eine Raumüberbrückungstechnologie. Die von ihm ausgehenden direkten Umweltbelastungen werden allgemein als relativ gering eingeschätzt. Es ist allerdings zu beachten, daß mit der massenhaften Nutzung der Informationstechnik mit ihren kurzen Innovationszyklen ein wachsendes Aufkommen an Computerschrott zu verzeichnen ist. Dies ist insofern ökologisch relevant, als Elektronikschrott aufgrund seiner teils hochtoxischen Bestandteile erhebliche Entsorgungsprobleme bereitet. Auch die Produktion von Microchips ist mit Umweltbelastungen verbunden (Rolf/Page/Hilty 1992).

Kennzeichen der aktuellen Entwicklung ist das Zusammenwachsen von Informationsübertragungs- und -verarbeitungstechniken, dessen Ergebnis auch als *Telematik* (ein Kunstwort aus *Tele*kommunikation Infor*matik*) bezeichnet wird (Henckel 1990). Die Wechselwirkungen zwischen Telematik und physischem Verkehr sind sehr komplex und müssen differenziert betrachtet werden. Sie lassen sich durch die Stichworte Substitution, Induktion, Optimierung und Flexibilisierung beschreiben (Mokhtarian 1989).

Substitution:

Telematik kann physischen Verkehr substituieren und dadurch zur Umweltentlastung beitragen. Das Potential zur Substitution von beruflich bedingtem Personenverkehr durch Teleheimarbeit, Arbeit in Telearbeitszentren oder durch Videokonferenzen wird jedoch eher gering eingeschätzt (Köhler/Lange/Berlage 1992). Hierfür sind wesentliche soziale und psychologische Gründe ausschlaggebend. Ähnlich verhält es sich bei der Substitution von Ausbildungsverkehr durch Fernstudien-Angebote. Höhere Potentiale liegen langfristig im Bereich des Güterverkehrs, wenn die Tendenz zur "Entmaterialisierung" von Gütern sich fortsetzt. Dienstleistungen werden zunehmend auch via Telekommunikation angeboten (z. B. Telebanking).

Das Verhältnis von Materie und Information muß jedoch grundlegender überdacht werden. Nach Minsch (1992b) ist zwischen dem Nutzen- oder Problemlösungsaspekt eines Gutes einerseits und seinem Materialaspekt andererseits zu unterscheiden. (Idealtypisch ist diese Trennung in der Informatik durch die Unterscheidung von Hardware und Software verwirklicht.) Das Material kann als bloßer Träger der Problemlösungsfunktion betrachtet werden, der bei der Nutzung des Gutes in möglichst guter Qualität erhalten bleiben muß. Daraus ergibt sich zumindest für bestimmte Gütergruppen die Zukunftsvision von universellen Produktionsbetrieben, die sich möglichst nahe am Ort des Konsums befinden und ihre Produktionsprogramme (das Produktdesign oder die Rezeptur) via Telekommunikation vom eigentlichen Hersteller empfangen. Dessen Aufgaben beschränken sich dann auf Produktentwicklung. Am Ort der physischen Produktion wären für die materiellen Träger der Produkte kleinräumige und niedrigentropische Materialkreisläufe vorzusehen. Eine Voraussetzung hierfür wäre die weitgehende Standardisierung von Materialien und Produktionsprozessen.

Induktion:

Unter heutigen Rahmenbedingungen induziert der Einsatz von Telematik in der Regel zusätzlichen Verkehr, indem sie zur Organisation weltweiter Beschaffungsstrategien (global sourcing) beiträgt und die räumliche Arbeitsteilung fördert. Eine durch Telematik-Einsatz erreichbare höhere Markttransparenz kann zwar unnötige Einkaufsfahrten ersparen (Seidenfus 1985), aber auf der anderen Seite auch zu längeren Transportwegen führen, weil vermehrt auch weit entfernte Anbieter berücksichtigt werden. Dietrich Henckel und Erwin Nopper sehen besonders die Erschließung von Märkten als Funktion der Telematik. Nachrichten bahnen Gütern den Weg: "Durch die Schaffung eines auch weltweit immer weiter ausgebauten Informationsnetzes können zusätzliche Märkte erschlossen werden. Die Telekommunikation übernimmt insofern die Rolle der Missionare in früherer Zeit, denen bekanntlich die Händler folgten." (Henckel/Nopper 1991, S. 17).

Optimierung:

Telematik unterstützt die Optimierung von Verkehrsabläufen. Wie die oben erwähnte Studie von Spelthahn et al. ergab, rechnen die meisten Verlader mit einer zunehmenden informationstechnischen Vernetzung zwischen Spedition und Verladern mit entsprechenden Chancen zur Optimierung der Transporte. Die Spediteure nannten die flächendeckende Einführung von IuK-Systemen zur Routenoptimierung als wichtigste Maßnahme für ein umweltbewußtes Transportmanagement (Spelthahn/Schloßberg/Steger 1993).

Auch im Bereich des motorisierten Individualverkehrs werden Optimierungskonzepte entwickelt und erprobt (z.B. Verkehrsleitsysteme). Die Auswirkungen solcher Systeme sind jedoch umstritten (Harmsen/König 1992, Spaniol 1992). Hier ist zu berücksichtigen, daß solche Systeme die Grenze hinausschieben, die dem Verkehr in Ballungsräumen durch die (meist aus Platzgründen nicht mehr wirtschaftlich erweiterbare) Infrastruktur gesetzt ist. Das bedeutet, daß mehr Verkehr mit entsprechenden zusätzlichen Umweltbelastungen, vor allem Schadstoff- und Lärmemissionen, "bewältigt" werden kann.

Flexibilisierung:

Durch den Einsatz von Telematik kann das Verkehrsangebot für den Nutzer transparenter gemacht und durch Organisation mehrgliedriger Transportketten auch erweitert werden. Dies kann sich ökologisch positiv auswirken, wenn dem Nutzer dadurch umweltschonende Alternativen aufgezeigt werden, die er sonst nicht in Betracht gezogen oder zu negativ bewertet hätte. Die mangelnde Flexibilität und Transparenz schienengebundener Transporte, die zu einem großen Teil organisatorisch bedingt ist, läßt sich mit Unterstützung durch informationstechnische Maßnahmen verbessern.

Verkehrslenkung durch Gebühren?

Eine fünfte, bisher wenig diskutierte Beziehung zwischen Telematik und Verkehr ergibt sich auf dem Feld der Straßenbenutzungsgebühren. Als Grundsatz wird die Anlastung der externen Kosten des Straßenverkehrs beim Verursacher heute von verschiedenen Interessengruppen akzeptiert. In der

Spelthahn-Studie bekennen sich Verlader wie Spediteure zu diesem Grundsatz. Konkrete Maßnahmen wie Erhöhung der Mineralölsteuer oder Straßenbenutzungsgebühren werden allerdings weniger positiv beurteilt. Für drastische Erhöhungen der Mineralölsteuer im nationalen Alleingang besteht im EG-Rahmen kein Spielraum. Ferner dürfen Straßenbenutzungsgebühren nach dem Urteil des Europäischen Gerichtshofes vom 12.7.1990 nur dann erhoben werden, wenn sie nutzungsabhängig sind, da eine pauschale Gebühr das Diskriminerungsverbot verletzen würde (vgl. Spelthahn/Schloßberger/Steger 1993). Damit bleiben nutzungsabhängige Gebühren als Instrument zur Kosteninternalisierung im Straßenverkehr übrig. Sie sind hinsichtlich ihres Lenkungseffekts (Verringerung des Straßenverkehrsaufkommens) in jedem Fall effektiver als pauschale Gebühren, die sich sogar kontraproduktiv auswirken können. Zur Realisierung nutzungsabhängiger Straßenbenutzungsgebühren steht die Technik des "electronic road pricing" (ERP) zur Verfügung, die eine räumlich und zeitlich differenzierte Preisgestaltung ermöglicht. Für eine fahrleistungsabhängige, aber orts- und zeitunabhängige Gebühr wären dagegen Radumdrehungszähler erforderlich, wie sie in der Schweiz im Zusammenhang mit dem Konzept "Ökobonus" (BUWAL 1991) in Betracht gezogen wurden.

Entgegen einer verbreiteten Auffassung muß ERP keinerlei Datenschutzprobleme mit sich bringen. Die Gebühr kann beim Passieren von elektronischen Mautstellen z.B. von einer im Fahrzeug befindlichen Chipkarte (Mobilitätskarte, auch "M-Card" genannt) abgebucht werden (vgl. ISRT 1991). Die Chipkarten können z.B. an Tankstellen gegen Entrichtung der Gebühr wieder "aufgeladen" werden. Ein Fahrzeug wird nur dann datentechnisch erfaßt, wenn es eine Kontrollstelle ohne gültige M-Card passiert, analog dem "Blitzen" bei Geschwindigkeitsüberschreitungen. Im Individualverkehr hätte dieses Konzept den zusätzlichen Vorteil, daß die M-Card gleichzeitig als Zahlungsmittel für den öffentlichen Verkehr benutzt werden könnte.

Unter ökologischen Gesichtspunkten ist die Frage wesentlich, ob die räumliche und zeitliche Staffelung von Straßenbenutzungsgebühren ein Instrument der Verkehrslogistik sein kann, das z.B. durch Vermeidung von Stauungen zur Emissionsreduzierung beitragen würde. Trotz einiger Erfahrungen mit unterschiedlichen "road pricing"-Modellen in Singapur, Hong-Kong und in einigen skandinavischen Städten sind die Auswirkungen dieses Instruments auf den Verkehr und die verkehrsbedingten Umweltbelastungen noch bei weitem nicht abschließend erforscht, zumal in den bekannten Fällen nicht das Ziel der Umweltentlastung im Vordergrund stand. Diese Frage ist v.a. deshalb schwierig zu beantworten, weil durch gestaffelte Gebühren räumliche und zeitliche Verlagerungseffekte entstehen können, die wiederum neue Belastungen mit sich bringen.

2. Ökologistik für Unternehmen

Die oben skizzierte Erweiterung der logistischen Perspektive um Entsorgung, Materialwirtschaft, Personen- und Nachrichtenverkehr macht es für ein Unternehmen nicht einfacher, praktikable und wirkungsvolle Maßnahmen zur "Ökologisierung" der eigenen Logistik zu finden. Worin könnten in der heutigen, komplexen und ungünstigen Ausgangslage erste Schritte in Richtung Ökologistik bestehen?

Zunächst sei die Frage gestellt, ob Impulse für eine solche Entwicklung eher von der Seite der Spediteure oder von ihren Kunden, den Verladern ausgehen können. Die bereits mehrfach zitierte Spelthahn-Studie hat gezeigt, daß die Verlader sich zu einem großen Teil für ein umweltbewußtes Transportmanagement verantwortlich fühlen. Auch die Spediteure sehen die Verantwortung primär beim Verlader, der die Anforderungen an die logistischen Abläufe definiert und damit den Spielraum für eine ökologisch weniger belastende Durchführung bestimmt. Dieser Spielraum ist oft sehr eng und sollte nach Auffassung der Spediteure durch Verzicht auf Einwegverpackungen, flexiblere Abholzeiten, Verzicht auf "just in time"-Konzepte und ähnliche Zugeständnisse erweitert werden. Dies entspricht dem bereits erwähnten eher defensiven Verhalten der Speditionsunternehmen.

Der Verlader hat es somit in der Hand, durch die Aufnahme ökologisch orientierter Kriterien in seine Anforderungen an die Spediteure und durch die Lockerung anderer, vielleicht unnötiger Anforderungen die Weichen in Richtung umweltverträglicher Logistik zu stellen. Das verladende Unternehmen ist letztlich von den Risiken betroffen, die sich aus der Entwicklungsdynamik des Verkehrssektors und den politischen Reaktionen hierauf ergeben. Diese Risiken lassen sich auf Dauer nicht auf die Spediteure oder Zulieferfirmen abwälzen – der Verlader muß sein Eigeninteresse an langfristig tragfähigen, durchhaltbaren Lösungen erkennen und durchsetzen.

2.1 Robuste Logistikstrategien

Weil die Entwicklung gerade im Bereich der Verkehrswirtschaft und Verkehrspolitik sehr schwer kalkulierbar ist, sind nur jene logistischen Strategien als durchhaltbar einzustufen, die sich unter verschiedenen möglichen Entwicklungsszenarien als erfolgreich erweisen. Ich bezeichne solche Strategien als *robuste Logistikstrategien*. (Bei ausreichend weitem Zeithorizont sind dies notwendigerweise auch ökologisch verträgliche Strategien.)

Wie kann nun aber ein Unternehmen die Robustheit verschiedener Logistikstrategien für einen vorgegebenen Zeithorizont abschätzen? Hierfür sind Szenariotechniken erforderlich, die die Entwicklungsdynamik des Transfersektors angemessen berücksichtigen. Hier kann der Einsatz von Simulationsmodellen von Nutzen sein. Ein Simulationsmodell ist nicht mehr als ein Rechenverfahren (ein Algorithmus), das es erlaubt, eine Entwicklung zu berechnen, die sich aus einer Menge von Voraussetzungen ergibt. Die Voraussetzungen bilden das zu untersuchende Szenario. Sie können beliebig variiert werden, so daß ein ganzes Spektrum von möglichen Entwicklungen abgedeckt werden kann. Ein Simulationsmodell beantwortet Fragen der Form "Was wäre, wenn... ?". Durch systematische Simulationsexperimente kann auch die Sensitivität der interessierenden Zielgrößen bezüglich der Voraussetzungen ermittelt werden.

Die Simulation ist im Gegensatz zu analytischen Verfahren weniger zum Auffinden optimaler Lösungen, dafür aber ausgezeichnet zur experimentellen Untersuchung verschiedener Lösungsansätze geeignet (vgl. Page 1991).

Am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg werden Methoden der Computersimulation entwickelt, die speziell für Problemstellungen der Logistik und Ökologistik geeignet sind. Hierfür ist eine Integration der Methoden

konventioneller Verkehrsflußsimulation (für verschiedene Verkehrsträger), der Emissionsmodellierung (Zusammenhang zwischen Fahrleistung und Emissionen) und der Verhaltensmodellierung für die beteiligten Akteure (logistische Strategien) erforderlich. Die programmtechnische Implementation erfolgt durch eine Erweiterung des Simulationspakets DESMO (Page 1991). Es werden ausschließlich diskrete, stochastische Modelle verwendet, damit Risiken (z. B. Verspätungen durch Stauungen, Unfälle) adäquat abgebildet werden können. Ein Beispiel für die Anwendung dieser Methoden wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

2.2 Das Simulationsmodell JAM

Dieses Modell bildet eine Klasse von logistischen Systemen ab, die sich durch Gütertransporte auf der Straße auszeichnen. Der Wettbewerb verschiedener Teilnehmergruppen um die Nutzung der Infrastruktur, die damit verbundene gegenseitige Behinderung (Stausituationen), der Energie-verbrauch und die resultierenden Schadstoffemissionen stehen im Vordergrund. Eine Erweiterung auf andere Verkehrsträger ist geplant.

Dieser Ansatz fällt teilweise hinter die in Abschnitt 1 formulierten Ansprüche an die Ökologistik zurück: Nicht berücksichtigt werden die Überschneidungen von Materialwirtschaft und Logistik. Dagegen sind die Umweltkosten der Entsorgungslogistik und die Konkurrenz von Güter- und Personenverkehr um die Infrastrukturnutzung im Modell darstellbar. Die Telematik kann berücksichtigt werden, soweit sie vom Unternehmen zur logistischen Optimierung oder vom Träger der Infrastruktur zur Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren eingesetzt wird.

Das Modell JAM kann der Benutzer auf eine konkrete Problemstellung anwenden, indem er ein *Szenario* spezifiziert. Das Szenario ist eine Menge von teilweise komplexen Voraussetzungen, die

- die Infrastruktur,
- die raumzeitliche Struktur des Verkehrsaufkommens,
- den eigenen Beitrag zum Verkehr durch den sogenannten Auftragsprozeß und
- den hierfür eingesetzten Fuhrpark

betreffen. Aus diesen Voraussetzungen werden durch diskrete, stochastische Simulation ökologische und betriebswirtschaftliche Kennzahlen abgeleitet (vgl. Abb. 1). Ökologisch zentrale Größen sind der Energieverbrauch, die wichtigsten Luftschadstoffemissionen und der dynamische Flächenbedarf. Dieser gibt an, welche Fläche für den Verkehrsvorgang wie lange beansprucht wurde. Er wird in der Einheit Quadratmeterstunde gemessen.

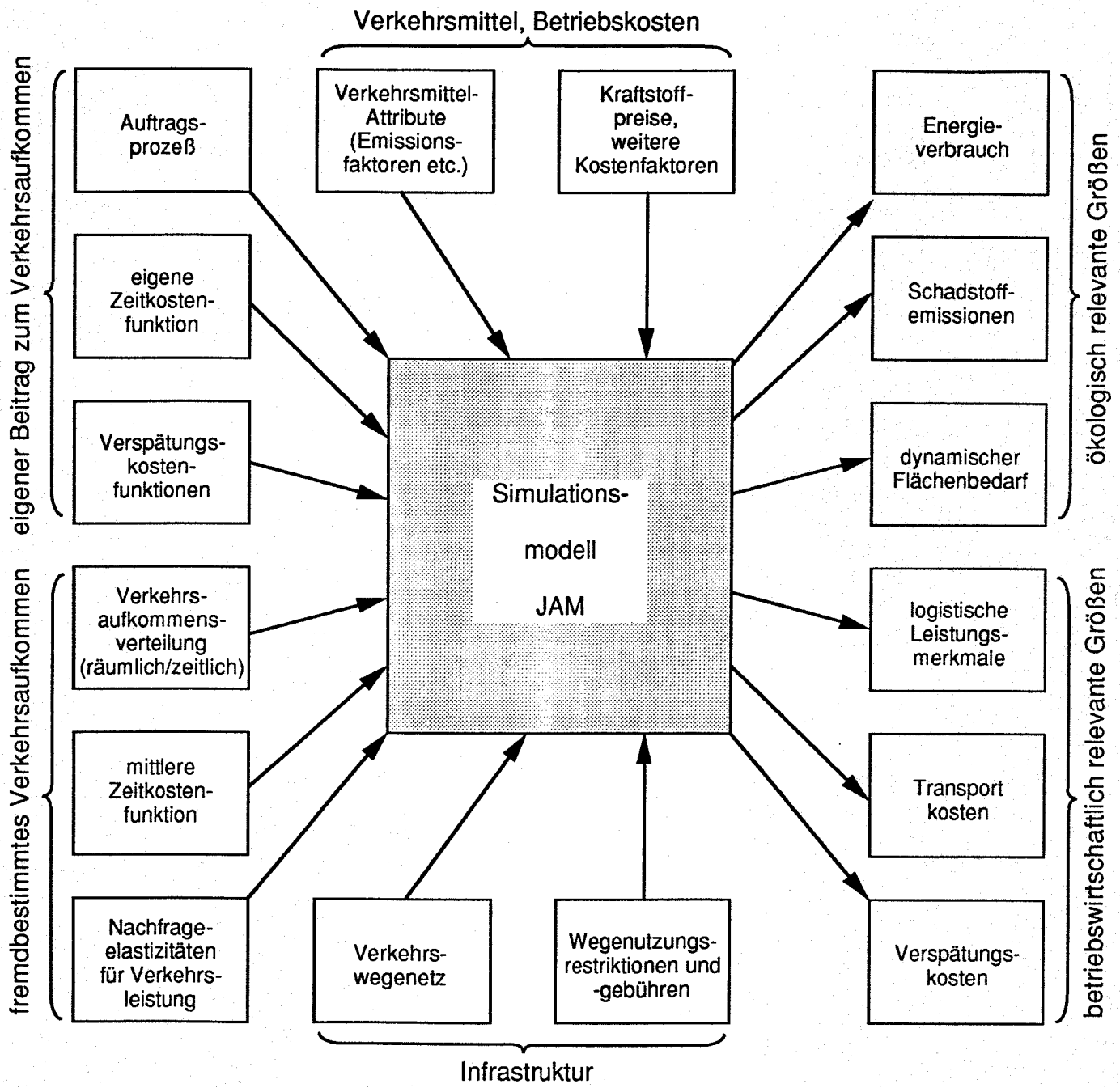

Abbildung 1: Das Simulationsmodell JAM

Durch systematische Modellexperimente (Variation der Voraussetzungen, Sensitivitätsanalysen) kann die Robustheit verschiedener Standortstrukturen und logistischer Strategien bei kurz-, mittel oder langfristigem Zeithorizont untersucht werden.

Es sei noch einmal betont, daß es sich nicht um ein Optimierungsmodell handelt. Es garantiert somit nicht das Auffinden optimaler Lösungen; der Nutzen der für Simulationsmodelle typischen experimentellen Anwendung ist vielmehr in dem damit verbundenen Erkenntnisgewinn für den Benutzer zu sehen.

Formal betrachtet sind die Voraussetzungen Modellparameter, wobei das Wort "Parameter" aber nicht die Vorstellung einer eindimensionalen Größe wecken sollte. Vielmehr sind die Modellparameter komplexe Objekte, darunter attributierte Graphen, Funktionen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Prozesse (im informatischen Sinn). In Abbildung 1 sind nur die wichtigsten Modellparameter dargestellt. Um die potentiellen Anwendungen des Modells zu verdeutlichen, seien einige Parameter exemplarisch erläutert:

- *Verkehrswegenetz:* Ein Graph, dessen Kanten mit Weglängen und Durchflußkapazitäten bewertet sind. Zusätzlich können die Kanten mit Nutzungsrestriktionen (Geschwindigkeitsbeschränkungen, Gewichtsbeschränkungen, zeitliche Einschränkungen wie z.B. Nachtfahr-verbot) und Nutzungsgebühren (pauschal oder nutzungsabhängig) attributiert werden. Die Knoten können mit Attributen versehen werden, die die Behandlung der sich kreuzenden oder mischenden Verkehrsströme bestimmen.
- *Auftragsprozeß:* Dieser Prozeß generiert die Aufträge an das logistische System, wobei ein einzelner Auftrag die quantitativen und qualitativen Anforderungen an einen Transportvorgang beinhaltet; dazu gehören Losgröße, Zeitintervalle für Empfang und Auslieferung (Pünktlichkeitsanforderungen) etc. Der Auftragsprozeß ist selbst durch eine Menge von Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Verteilungsfunktionen, zugehörige Verteilungsparameter) bestimmt, denen die Auftragsmerkmale folgen.
- *Emissionsfaktoren:* Dies sind Funktionen, die den Zusammenhang von Fahrzeugtyp und Geschwindigkeitsverlauf einerseits und dem Ausstoß von Schadstoffen (Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Partikelemissionen) andererseits beschreiben. Hier können z.B. die vom Umweltbundesamt emittelten Emissionsfaktoren für Nutzfahrzeuge (Umweltbundesamt 1983) oder aus anderen Untersuchungen bekannte Emissionsfaktoren verwendet werden. Die Emissionsfaktoren beruhen in der Regel auf standardisierten Fahrzyklen; diese werden im Modell mit dem simulierten Geschwindigkeitsverlauf abgeglichen. Dadurch kann z.B. die Tatsache berücksichtigt werden, daß die Fahrzeugemissionen in Stausituationen stark ansteigen, bei Konstantfahrt (außer im oberen Geschwindigkeitsbereich) dagegen relativ niedrig ausfallen.

Die Voraussetzungen für ein Szenario können in zwei Gruppen eingeteilt werden: (1) Voraussetzungen, die vom Anwender beeinflußbar sind (also mögliche Maßnahmen im Sinne eines umweltbewßten Transportmanagements) und (2) Voraussetzungen, die sich aus der allgemeinen Verkehrsentwicklung sowie verkehrs- und umweltpolitischen Maßnahmen ergeben und vom Unternehmen nicht nennenswert beeinflußbar sind. Sie können im Sinne hypothetischer Vorgaben (mögliche Entwicklungspfade) in den Simulationsexperimenten variiert werden.

Die beeinflußbaren Voraussetzungen (Maßnahmen des Unternehmens) lassen sich in drei Kategorien einteilen:

(1) *Verkehrsmittelbezogene Maßnahmen:* Sie betreffen die Zusammensetzung des Fuhrparks und damit u. a. die Größe der Fahrzeugeinheiten, den Einsatz schadstoffreduzierter LKWs oder auch von Elektro- und Hybridfahrzeugen. Weil die dadurch veränderten Verbrauchs- und Emissionsfaktoren nach wie vor Funktionen der Geschwindigkeitsverläufe sind, ist der Effekt solcher Maßnahmen sehr sensitiv für die Verkehrssituation; wenn das Szenario z. B. von einer hohen Auslastung des Verkehrsnetzes ausgeht, so erweisen sich

Fahrzeuge als günstig, die auch in stockendem Verkehr oder im Stau energieeffizient und schadstoffarm bleiben.

(2) *Organisatorische Maßnahmen:* Hierunter fallen Maßnahmen wie die Routenoptimierung, die Substitution von Werkverkehr durch gewerblichen Güterverkehr, die telematische Vernetzung von Verlader und Spediteur mit dem Vorteil eines längeren Planungsvorlaufs beim Spediteur, die Lockerung von Schnelligkeitsanforderungen zugunsten der Pünktlichkeit oder umgekehrt, die Erweiterung des Zeitfensters für Empfang oder Auslieferung der Ware usw. Simulationstechnisch sind alle diese Maßnahmen im Parameter Auftragprozeß "versteckt", d. h. sie äußern sich in den Verteilungsgesetzen für die Auftragsmerkmale.

(3) *Strukturelle Maßnahmen:* Hierzu gehören Standortentscheidungen, Entscheidungen über die Fertigungstiefe, die räumliche Mengen- und Artteilung von Produktionsprozessen, die Auswahl von Lieferanten in bezug auf ihre geographische Lage, die Schließung von Stoffkreisläufen, die Einsparung von Energietransporten durch Umstieg auf leitungsgebundene Energieträger (Gas, Fernwärme, Elektrizität) usw. Sie werden im Modell in den Parametern Auftragsprozeß und Verkehrswegenetz dargestellt.

Mit steigender Auslastung des Verkehrsnetzes sinkt die durchschnittliche Geschwindigkeit, d.h. für einen durchschnittlichen Nutzer entstehen höhere Zeitkosten. Abhängig von der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Verkehrsaufkommens führt eine höhere Auslastung ferner zu einer verringerten Kalkulierbarkeit des einzelnen Verkehrsvorgangs, was bei einem durchschnittlichen Nutzer zu Verspätungskosten führt. Zeit- und Verspätungskosten werden im Modell auf den Preis der Verkehrsleistung geschlagen. Höhere Zeit- und Verspätungskosten führen somit dazu, daß weniger Verkehrsleistung nachgefragt wird. Umgekehrt können Maßnahmen der Kapazitätserweiterung oder Verkehrsoptimierung die Nachfrage anregen. Dieser zentrale Regelmechanismus wird im Modell über Nachfrageelastizitäten (differenzierbar nach verschiedenen Teilnehmergruppen) berücksichtigt. Bei Erweiterung des Modells auf mehrere Verkehrsträger wären Veränderungen des modal split in Form von Kreuzpreiselastizitäten zu modellieren.

Bei hoher Infrastrukturauslastung und nicht allzu geringer Nachfrageelastizität zeigt das Verkehrsaufkommen im Modell ein homöostatisches Verhalten, d.h. die Verringerung des eigenen Verkehrsbeitrags durch Vermeidung, Verlagerung oder Optimierung, falls sie sich überhaupt erkennbar auswirkt, wird nach einiger Zeit durch das System kompensiert. Dennoch kann es ein sinnvolles Unternehmensziel sein, den eigenen Beitrag zum Verkehrsaufkommen zu reduzieren. Wichtiger ist jedoch die Frage der Robustheit logistischer Strategien, also die Frage, ob und zu welchen betriebswirtschaftlichen und ökologischen Kosten sie sich eine Strategie langfristig durchhalten läßt. Sind die Anforderungen an Transportleistungen, die sich aus der untersuchten strategischen Alternative ergeben, langfristig mit akzeptablen Kosten realisierbar? Welche qualitativen Anforderungen (Schnelligkeit, Pünktlichkeit, Flexibilität usw.) verursachen welche Kosten? Welche Substitutionsbeziehungen bestehen zwischen diesen Anforderungen?

Antworten auf diese Fragen ergeben sich im simulierten Szenario aus dem komplexen Zusammenwirken der Verteilungsgesetze der verschiedenen beteiligten Zufallsprozesse und der Annahmen über die mittel- und langfristige Entwicklung der Rahmenbedingungen. Sie stellen sich in jedem Szenario an-

ders dar. Hier zeigt sich der Nutzen der stochastischen Simulation, denn diese komplexen Wechselwirkungen entziehen sich einer analytischen Behandlung.

2.3 Exkurs: Sind Stauungen vermeidbar?

Der Verkehrsstau ist ein emotional besetztes Thema, und kaum jemand wird in einem Stau etwas Positives erkennen. Deshalb sei hier der Versuch einer Analyse dieses Phänomens unternommen. Der Versuch beruht auf zwei einfachen Tatsachen:

1. Stauungsphänomene treten in allen sogenannten Bedienungs-/Wartesystemen auf. Das sind Systeme, in denen wiederverwendbare Ressourcen mehreren Nutzern zugänglich sind und der Zeitpunkt des Zugangs den Nutzern nicht vorgeschrieben ist. Selbst bei mäßiger Auslastung der Ressourcen bilden sich Warteschlangen, in denen die Nutzer auf "Bedienung" (Belegung einer Ressource) warten. Zu dieser Kategorie von Ressoucen zählen auch Verkehrswege und deren Schnittstellen. Dabei zeigt das Absinken der Durchschnittsgeschwindigkeit bei allen Verkehrsträgern im wesentlichen die gleiche Charakteristik. Nicht nur im Straßenverkehr, auch im Luftverkehr (Warteschleifen), in der Schiffahrt (an Häfen und Schleusen) und selbst beim Personenverkehr auf Bürgersteigen ist diese Gesetzmäßigkeit nachzweisen (vgl. Thomson 1978). Im Schienenverkehr bilden sich Wartschlangen abstrakterer Art, wenn aufgrund der Verspätung eines Zuges weitere Züge warten müssen. In Großrechnern bilden sich Auftragswarteschlangen und in Datennetzen Warteschlangen der zu übertragenden Nachrichten.
2. Es gibt für jeden Verkehrsträger einen volkswirtschaftlich optimalen Stauungsgrad, und dieser ist größer als Null. Michael Thomson, einer der international führenden Verkehrsökonomen, begründet dies: "Wie groß ist die Bedeutung von Stauungskosten? Oft wird von ihnen gesprochen wie von einem Maß der Verschwendung, das einen skandalösen Stand der Dinge kennzeichnet. Sinnvoller dürfte es jedoch sein, sie einfach als Produktionskosten anzusehen und sich wie bei anderen Produktionskosten zu fragen, ob ihre Größenordnung wirtschaftlich vertretbar ist. Wenn aber Verkehrsstauungen bereits vor der halben Auslastung der Maximalkapazität der Anlagen beginnen, dürfte es sich nur in Ausnahmefällen auszahlen, die Kapazitäten derart zu erhöhen, daß Verkehrsstauungen völlig vermieden werden. Folglich muß es einen optimalen Stauungsgrad geben." (Thomson 1978, S. 101)

Ein stauungsfreier Verkehr ist nur bei einer schlechten Auslastung der Infrastruktur zu realisieren. Diese ist volkswirschaftlich nicht wünschenswert und könnte außerdem nur durch drastische Zugangsbeschränkungen oder einen geradezu uferlosen Kapazitätsausbau erreicht werden, der wiederum andere knappe Ressourcen verschlingt.

Betrachtet man die ökologischen Effekte des Verkehrs, stellt sich die Situation jedoch komplizierter dar. Denn Energieverbrauch und Emissionen steigen bei Unstetigkeiten des Verkehrsablaufs und ganz besonders in Stausituationen stark an. Andererseits sind Kapazitätserweiterungen auch mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden und induzieren nach allen Erfahrungen zusätzlichen Verkehr, so daß sich langfristig wieder der ursprüngliche Stauungsgrad einstellt. Aus diesem Dilemma kann man u.a. den Schluß zie-

hen, daß die Verkehrsmittel auf unstegige Verkehrsabläufe (und nicht auf Konstantfahrt) hin optimiert werden müssen. Im Straßengüterverkehr wäre es nötig, "staugerechte" LKWs zu entwickeln, also Fahrzeuge, deren Energieverbrauch und Emissionen in Stausituationen nicht mehr als aus physikalischen Gründen unvermeidbar ansteigen. Denkbare Maßnahmen hierfür sind Reduktion der Masse und der Motorleistung, Elektro- oder Hybridantrieb und die Einführung der Rekuperationsbremsung (Nutzbremsung) beim LKW.

3. Ausblick: Simulationsstudien für Ökobilanzen?

Das Simulationsmodell JAM hat den Nachteil, daß es nur die Art Durchführung von Transporten in einem Verkehrsnetz simuliert und dabei vom Transportgut (das nur als physikalische Masse in Erscheinung tritt) abstrahiert. Die Frage, *was* transportiert wird, ist aber mit der Frage, *wie* transportiert wird, eng verknüpft. Dies zeigt sich schon darin, daß die Güterverkehrsentwicklung der letzten Jahre, v.a. die Veränderung des modal split zugunsten der Straße, zu einem wesentlichen Teil auf Veränderungen der Güterbeschaffenheit zurückgeführt wird. Dieser sogenannte Güterstruktureffekt besteht darin, daß Massengüter Anteile am Verkehrsaufkommen verlieren und hochwertige und spezialisierte Stückgüter Anteile gewinnen (vgl. z.B. Ihde 1991).

Ökologisch ist nicht nur der Transportvorgang an sich von Bedeutung, sondern es ist auch zu fragen, welche Materialien transportiert werden, aus welchen chemischen Stoffen sie sich zusammensetzen, welche Umweltgefahren von ihrer Verteilung ausgehen, ob eine wirtschaftliche Retrodistribution möglich ist usw. Wie im Abschnitt 1.2 bereits ausgeführt, müssen wesentliche Weichenstellungen in Richtung ökologisch optimaler Güterflußsysteme daher in der Materialwirtschaft geschehen.

Um diese Zusammenhänge darzustellen, wäre ein erweitertes Modell erforderlich, das die logistischen Prozesse bis auf die Ebene der Stoff- und Energieflüsse verfeinert. Ein elementarer Transportvorgang ist bereits mit einer Vielzahl von Stofflüssen verbunden: einerseits den Fluß der Stoffe, aus denen das Transportgut und seine Verpackung bestehen, andererseits den Fluß von Betriebsstoffen, die zur Erstellung der Transportleistung benötigt werden. Beispielsweise muß Dieselkraftstoff (ein chemischer Energieträger) selbst transportiert werden, und nachdem er einen Teil seiner chemischen Energie abgegeben hat, wird seine gesamte Materie in Form von CO2 und CO, Wasserdampf, unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Schwefeldioxid, Rußpartikeln usw. in die Luft entsorgt. Die umgewandelte Energie wird ferner in Form von Abwärme an die Umwelt zurückgegeben und ist damit verloren.

Wenn man das Simulationsmodell eines Güterflußsystems bis auf die Ebene der wichtigsten physikalischen und chemischen Vorgänge verfeinert, so bildet es eine ausgezeichnete Grundlage für Ökobilanzen. Denn jede Ökobilanz muß letztlich die Stoff- und Energieflüsse erfassen, die in ein abgregrenztes System hinein- und aus ihm herausführen. Je nach Bilanztyp (z.B. Betriebsbilanz, Prozeßbilanz, Produktbilanz) erscheint die Abgrenzung des Systems mehr oder weniger willkürlich. In Wahrheit stellt sich in jedem Fall das gleiche Problem: Aus dem globalen Stoff- und Energieflußsystem "Technosphäre" muß ein Teilsystem abgegrenzt werden, das mit der Verantwortung von Wirtschaftssubjekten in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden kann. Dieses Teilsystem muß auf physischer Ebene analysiert

und schließlich hinsichtlich seiner stofflichen und energetischen Inputs und Outputs bilanziert werden. Anschließlich erfolgt eine ökologische Bewertung der in physischen Einheiten beschriebenen ein- und ausgehenden Flüsse. Diese Bewertung muß sich in letzter Konsequenz an der Entropiezunahme orientieren, die das Teilsystem in seiner Umgebung verursacht.

Wir haben für dieses verallgemeinerte Konzept der Ökobilanz bereits den Begriff der Systembilanz eingeführt (Hilty/Rolf 1992). Welche Vorteile hätte es nun, Systembilanzen nicht einfach durch Erfassung der Daten eines singulären Systems zu erstellen, sondern Simulationsmodelle einzusetzen?

Erstens ist man in vielen Fällen, besonders bei Produktbilanzen, nicht an Erkenntnissen über ein singuläres System (Lebenszyklus des Produkts X von Hersteller Y), sondern über eine Klasse von Systemen (prinzipieller Lebenszyklus des Produkts X) interessiert. Die Systemklasse kann als Simulationsmodell dargestellt werden, wobei die verschiedenen konkreten Ausprägungen Punkte im Raum der Modellparameter bilden. Abhängig von konkreten Problemstellungen werden dann Szenarien mit unterschiedlichen Parametern simuliert. Bei stochastischen Modellen ist die Angabe von Verteilungsgesetzen für die Parameterwerte möglich.

Zweitens sollten Ökobilanzen nicht allein in die Vergangenheit gerichtet sein, was bei den bisher vorherrschenden statischen Ansätzen leider der Fall ist. Die Möglichkeit der Forschreibung von Ökobilanzen aufgrund von geschätzten Entwicklungsverläufen und in Betracht gezogenen Alternativen sollte gegeben sein. Auch dies kann durch die Simulation von Szenarien (wie oben am Beispiel des Modells JAM gezeigt) erreicht werden.

Im betrieblichen Umweltschutz kann der Formalismus der Petri-Netze die Erfassung und flexible Auswertung von Stoff- und Energieflußdaten auf unterschiedlichen Aggregationsebenen unterstützen (vgl. den Beitrag von Andreas Möller in diesem Band). Petri-Netze können als Simulationsmodelle eingesetzt werden, da sie in formal einwandfreier Weise den Fluß von Objekten durch Netze von Stellen (Beständen) und Transitionen (Transformationsprozessen) beschreiben. Um hier zu praktisch einsetzbaren Methoden zu gelangen, sind allerdings noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Literatur

Baccini,P., Daxbeck,H., Glenck,E., Henseler,G. (1993): METAPOLIS – Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt (Zusammenfassung). Vorabdruck für Projektvorstellung vom 17. März in St. Gallen. ETH-Zürich.

Binswanger,H.C., Minsch,J. (1992): Theoretische Grundlagen der Umwelt- und Ressourcenökonomie – Traditionelle und alternative Ansätze. In: von Hauff, M., Schmid, U. (Hrsg.): Ökonomie und Ökologie. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. S. 41-66

Bundesminister für Umwelt (1988): Vierter Immissionsschutzbericht der Bundesregierung. Deutscher Bundestag, Drucksache 11/2714 vom 28.7.1988

BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.) (1991): Der fahrleistungsabhängie Ökobonus. Synthesebericht. Konzept für eine Lenkungsabgabe im Straßenverkehr. Schriftenreihe Umwelt Nr. 150

EG-Kommission (1991): Europa 2000: Perspektiven der künftigen Raumordnung der Gemeinschaft. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.

EG-Kommission (1992): Grünbuch zu den Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt - Eine Gemeinschaftsstrategie für eine "dauerhaft umweltgerechte Mobilität" (Mitteilung der Kommission). Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.

Ehmer,H. (1986): Die Inanspruchnahme von Ressourcen im Verkehr und die Entwicklung ihrer Bewertung. In: Seidenfus, H. St. (Hrsg.): Verkehrs- und unternehmenspolitische Anpassungsstrategien an veränderte Ressourcenbewertungen. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. S. 7-84

Ewers,H.-J. (1991): Dem Verkehrsinfarkt vorbeugen Zu einer auch ökologisch erträglichen Alternative der Verkehrspolititk unter veränderten Rahmenbedingungen. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Frerich-Sagurna,R. (1991): Requirements of logistics to packaging systems and to the packaging industry and their ecological effects. In: Proc. 9th Int. Logistics Congress, Utrecht

Göpfert,I. (1992): Ökologie und Logistikmanagement. In: Fickert, R. Hässig, K. (Hrsg.): Megatrends für die Materialwirtschaft. SVME-Schriftenreihe zur Materialwirtschaft, Band 8. Aarau: SVME

Görke,W., Rininsland,H., Syrbe,M. (Hrsg.) (1992): Information als Produktionsfaktor. Berlin: Springer-Verlag

Haasis,H.D., Rentz,O. (1992): "Umwelt-PPS" – Ein weiterer Baustein der CIM-Architektur? In: Görke 1992.

Hahn,O. (1990): Unbekannte Risiken. Wirtschaftswoche 43/90

Harmsen,D.-M., König,R. (1992): Informationstechnik für den Verkehr Medizin oder Droge? Zur Notwendigkeit einer Technikfolgenabschätzung. Langenheder et al. (Hrsg.): Informatik cui bono? Berlin: Springer-Verlag. S. 156-160

Henckel,D. (Hrsg.) (1990): Telematik und Umwelt. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

Henckel,D., Nopper,E. (1990): Umweltwirkungen der Telematik. In: Henckel (1990) S. 14-43

Hilty,L.M., Rolf,A. (1992): Anforderungen an ein ökologisch orientiertes Logistik-Informationssystem. In: Görke 1992.

Holzapfel,H. (1992): Europäischer Binnenmarkt: Auswirkungen auf den Güterverkehr. In: Jahrbuch Ökologie 1992. C. H. Beck, München. S. 233-241

Ihde,G.B. (1990): Unerwünschte Vorräte. Wirtschaftswoche 48/90

Ihde,G.B. (1991): Transport - Verkehr - Logistik. München: Franz Vahlen.

ISRT (1991): Stadverkehr 2000. Gutachten des Instituts für Stadt-, Regional- und Transportforschung e.V., Hamburg.

Jünemann,R. (1989): Materialfluss und Logistik Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin: Springer-Verlag.

Köhler,S., Lange,K., Berlage,M. (1992): Substitutionsmöglichkeiten beruflich bedingten personenverkehrs durch Telekommunikation. In: Langenheder et al. (Hrsg.): Informatik cui bono? Berlin: Springer-Verlag. S. 100-104

Läpple,D. (1990): Vom Gütertransport zur logistischen Kette – Neue Anforderungen an Güterverkehrsnetze in einer international arbeitsteiligen Gesellschaft. Mitteilungen der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung e.V., 1/34

Macher,F. (1991): Logistik stellt sich der ökologischen Verantwortung. In: Von Umweltschädlichkeit zur -verträglichkeit, 1. Umweltforum Austria. TÜV Rheinland, Köln.

Minsch,J. (1992a): Grundlagen und Ansatzpunkte einer ökologischen Wirtschaftspolitik. In: Glauber,H., Pfriem,R. (Hrsg.): Ökologisch wirtschaften. Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verlag

Minsch,J. (1992b): Materialverantwortung und ihre Ausgestaltung in Betrieb, Branche, Verwaltung, Gesetz. Umwelt-Information 3/93

Minsch,J., Cabernard,B. (1991): Prinzip Materialverantwortung – Konzeptionelle Grundlegung der Kooperation im Abfallbereich. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz (SG) 3/91

Mokhtarian,P.L. (1989): A Typology of Relationships between Telecommunications and Transportation. Transportation Research, Vol. 22A, S. 283-289

Page,B. (1991): Diskrete Simulation. Eine Einführung mit Modula-2. Berlin: Springer-Verlag.

Pfohl,H.-Ch. (1990): Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 4. Auflage. Berlin: Springer-Verlag

Pignitter,E., Tiefenbrunner,M. (1990): Logistik-Seminar - Leitfaden für den erfolgreichen Einstieg. Köln: TÜV Rheinland.

Rolf,A. (1991): Der computerökologische Wunschpunsch. Das Ursachenwirkungsgefüge im Bereich Logistik - Verkehr - Informatik. In: H. Bäck (Hrsg.): Von Umweltschädlichkeit zur -verträglichkeit. 1. Umweltforum. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1991. S. 31-38.

Rolf,B. et al. , Page, B., Hilty,L.M. (1992): Informatik und Ökologie – eine widersprüchliche Beziehung. In: Page,B., Rolf,A., Hilty,L.M., Schröder,W. (Hrsg.) (1992): Umwelt und Informatik. Mitteilung Nr. FBI-HH-M203, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg.

Sauerbrey,G. (1991): Logistisch denken – Perspektiven für die Organisation von morgen. Wiesbaden: Gabler.

Seidenfus,H.St. (1985): Kommunikationstechnische Entwicklungen in den achtziger Jahren und ihre Auswirkungen auf den Verkehr. In: Klatt, S. (Hrsg.): Perspektiven verkehrswissenschaftlicher Forschung.

Seifried,D. (1991): Gute Argumente Verkehr. München: Beck.

Spaniol,O. et al. (1992): Bedeutet die Informatisierung des Strassenverkehrs Fluch oder Segen? RWTH-Themen 1/92. S. 54-57

Spelthahn,S., Schloßberg,U., Steger,U. (1993): Umweltbewußtes Transportmanagement. Bern: Haupt.

Spitzenpfeil,T. (1990): Die vierte Dimension der Logistik – Systematik, Methoden und Aufgaben der Entsorgungslogistik. Technologie & Management 3/39

Stahlmann,V. (1988): Umweltorientierte Materialwirtschaft. Wiesbaden: Th. Gabler.

Thomson,J.M. (1978): Grundlagen der Verkehrspolitik. Bern, Stuttgart: Paul Haupt.

Umweltbundesamt (1983): Das Abgas-Emissionsverhalten von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1980. UBA-Berichte 11/83. Erich Schmidt Verlag. Berlin

Ein betriebliches Umweltinformationssystem für das Umwelt-Controlling

Hans-Knud Arndt, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin

1. Einleitung

Neben der technischen und wirtschaftlichen Effizienz von Produktionsverfahren gewinnt ihre ökologische Effizienz zunehmend an Bedeutung. Dies läßt sich sowohl direkt (in Form der finanziellen Belastung durch Kosten für Ressourcen und Umweltverbrauch, Umweltabgaben etc.), als auch indirekt durch die Kosten für Mitarbeitermotivation, umweltbezogene Öffentlichkeitsarbeit etc. zeigen. Deshalb müssen insbesondere die langfristigen, strategischen Entscheidungen des Managements, aber mittelbar auch alle betriebliche Arbeitsabläufe nicht nur den Anforderungen der technischen und organisatorischen Sicherheit genügen, sondern auch denjenigen der ökologischen Sicherheit gerecht werden. Dies zeigt sich unter anderem in der Verschärfung des Umwelthaftungsrechts.

Dabei geht es vor allem um folgende drei Bereiche umweltgerechter Betriebsführung: Die **Vermeidung** von Umweltbelastungen und Begrenzung von Risikopotentialen in Normalfall und Störfall, um die **Rückhaltung** schädlicher Emissionen und um die **Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz**.

Die Berücksichtigung der Umweltauswirkungen aller im Unternehmen stattfindenden Abläufe, sowie die vorausschauende Berücksichtigung dieser Auswirkungen bei allen Entscheidungsprozessen ist nicht nur eine Frage des **ökologisch** richtigen Verhaltens, sondern auch eine Frage der **ökonomisch** vorteilhaften Betriebsführung.

Das Umwelt-Controlling ist ein innovatives Instrument der Unternehmensführung und dient dem Ziel einer laufenden Beobachtung dieser Umweltwirkungen der unternehmerischen Aktivitäten. Diese stellt eine Entscheidungsgrundlage für eine gezielte ökologische Optimierung des Betriebes dar.

2. Umwelt-Controlling

2.1 Die Umwelt-Controlling-Konzeption

Das unternehmerische Umfeld befindet sich in einem ständigen Wandel, der von einer zunehmenden Dynamik und Komplexität geprägt ist. Aus dieser Problemlage heraus ist schon in den zwanziger Jahren die Idee des Controlling entstanden.[1] Die zunehmenden ökologischen Anforderungen haben nicht zuletzt dazu geführt, daß dem Management eines Unternehmens die Gefahr droht, künftige Entwicklungen zu übersehen oder auf sie nicht ausreichend

---

[1] Vgl. Coenenberg,A.G./Baum,H.G.: Strategisches Controlling - Grundfragen der strategischen Planung und Kontrolle, Stuttgart, 1987, S.5f

zu reagieren. Die Diskussion um den Begriff Controlling in der Betriebswirtschaftslehre ist gekennzeichnet durch viele Widersprüchlichkeiten. Deshalb konnte sich bislang noch keine einheitliche Definition durchsetzen. Dennoch läßt sich Controlling durch seine typischen Aufgaben wie folgt beschreiben:

> *"Controlling ist die Bereitstellung von Methoden (Techniken, Instrumenten, Modellen, Denkmustern u.ä.) und Informationen für arbeitsteilig ablaufende Planungs- und Kontrollprozesse sowie die funktionsübergreifende Unterstützung und Koordination solcher Prozesse."*[2]

Als Servicefunktion soll das Controlling also die Unternehmensführung unterstützen und Empfehlungen aussprechen. Der korrigierende Eingriff in das Unternehmensgeschehen aber bleibt den Entscheidungsträgern vorbehalten.

Das Umwelt-Controlling, auch als ökologisches Controlling oder Öko-Controlling bezeichnet, ist der Teil eines Controlling-Konzepts, welcher den betrieblichen Umweltschutz zum Inhalt hat. Deshalb umfaßt es entsprechend der allgemeinen Controlling-Konzeption die Aufgaben der Unterstützung von Planung und Kontrolle aller umweltrelevanten Aktivitäten eines Unternehmens, die Aufgabe des ökologischen Informationsmanagements sowie die Koordination dieser Funktionen.[3]

• Planungsfunktion

Unternehmerische Entscheidungsprozesse wirken sich auf die Umwelt aus. Das gilt für alle Hierarchieebenen. Die Investitionsentscheidung über neue Fertigungsanlagen wie auch die Wahl der Büromaterialien sind Entscheidungen, bei denen ökologische Auswirkungen berücksichtigt werden können und auch sollten. Für einen aktiven betrieblichen Umweltschutz ist es deshalb von Bedeutung, daß das Umwelt-Controlling möglichst frühzeitig an der Planung beteiligt wird. Denn schon durch eine Vorauswahl von näher zu beurteilenden Entscheidungsalternativen zur Straffung des Entscheidungsverfahrens können die Weichen für ein umweltfreundlicheres Ergebnis gestellt werden.

Eine umweltfreundliche Unternehmensführung braucht eine Auswahl von Möglichkeiten zur Orientierung, wie Umweltschutz konkret betrieben werden kann. Die Formulierung ökologischer Qualitätsziele für das Unternehmen ist letztendlich die Aufgabe der Entscheidungsträger. Nach der Diskussion grundsätzlicher ökologischer Ziele erfolgt die Festlegung der Schwerpunktbereiche, die im Rahmen des Umwelt-Controlling näher zu untersuchen sind.

Das Umwelt-Controlling hat die Aufgabe, den Planungsprozeß zum Erreichen dieser Ziele in Gang zu setzen, zu leiten und ihn mit Informationen zu versorgen. Dabei soll das Umwelt-Controlling das Planungssystem für die ökologischen Belange des Betriebes ständig weiterentwickeln und verbessern. Die Umsetzung der gesetzten ökologischen Qualitätsziele in Steuerungsvorgaben (Soll-Werte) schließt den Planungsprozeß ab.

---

[2] Ziegenbein,K.: Controlling, Ludwigshafen (Rhein), 4.Aufl., 1992, S.18

[3] Vgl. Arndt,H.-K./Ankele,K.: Erprobtes Muster. Das Öko-Controlling erfüllt in weiten Bereichen die Anforderungen des Öko-Audits. In: Müllmagazin, 6.Jg., Heft 1, 1993, S.14f

- **Kontrollfunktion**

Nach der Umsetzung der ökologischen Vorgaben im Betrieb werden die Ergebnisse (Ist-Werte) zurückgemeldet. Durch einen Soll-Ist-Vergleich des Geplanten mit dem Realisierten wird bestimmt, in welchem Umfang das Ziel erreicht wurde. Das Umwelt-Controlling untersucht die Gründe für mögliche Abweichungen und spricht Korrekturempfehlungen aus. Das Ergebnis ist eine Schwachstellenanalyse, auf deren Grundlage Ziele und zu treffende Maßnahmen konkretisiert, Alternativen gesucht und unter Berücksichtigung ökologischer, technischer und ökonomischer Gesichtspunkte ausgewählt und in die Planung aufgenommen werden können. Als Instrumente und Maßstäbe einer ökologischen Kontrolle werden neben dem vom IÖW entwickelten ökologischen Bewertungssystem vor allem die sogenannten "ökologischen Kennzahlen" diskutiert.[4]

- **Koordinationsfunktion**

Umwelt-Controlling als Querschnittfunktion führt die betrieblichen Umweltschutzaktivitäten zusammen. Die Notwendigkeit der Koordination ergibt sich aus der zeitlichen, personellen und sachlichen Trennung der Funktionen Planung und Kontrolle. Das Umwelt-Controlling hat die betrieblichen Prozesse so aufeinander abzustimmen, daß das Unternehmensziel betrieblicher Umweltschutz bestmöglich erreicht wird.

- **Informationsfunktion**

Umwelt-Controlling ist neben einem Planungs-, Kontroll- und Koordinationsinstrument vor allem ein Informationsinstrument. Es hat die Aufgabe, das Unternehmen mit ökologischen Informationen zu versorgen, und ist dadurch auch stark außerbetrieblich orientiert.[5] Die Beschaffung ökologischer Informationen ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da es sich vielfach um nicht quantifizierbare Informationen ("weiche Daten") handelt.

Grundlage des Umwelt-Controlling ist die Dokumentation der betrieblichen Umwelteinwirkungen. Sie entstehen, weil bestimmte Leistungen (Produkte) erstellt werden, die dann am Markt verkauft werden können. Schematisch betrachtet bedeutet das, das die Emission X bei Anlage Y entsteht, weil Produkt Z hergestellt wird. Folglich ist Produkt Z die eigentliche Ursache für die Emission X. Diese Problematik ist in der Betriebswirtschaftslehre nicht neu. Die Betrachtung betrieblicher Kosten und ihrer Ursachen hat zur Entwicklung der Kostenrechnung geführt. Dort werden Kosten gruppiert nach Arten erfaßt und direkt oder indirekt mittels einer Kostenstellenrechnung den Kostenträgern (den erstellten Leistungen) zugerechnet. Die Kostenrechnung ist ein betriebliches Informationsinstrument für die Planung und Kontrolle der ökonomischen Unternehmensziele. Die betriebliche Stoff- und Energiebilanzierung

---

[4] Vgl. dazu z.B. Clausen,J./Hallay,H./Strobel,M.: Umweltkennzahlen für Unternehmen, IÖW-Diskussionspapier 20/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH; Berlin, 1992 und Hallay,H./Pfriem,R.: Öko-Controlling: Umweltschutz in mittelständischen Unternehmen, Frankfurt a.M./New York, 1992

[5] Seidel,E.: Ökologisches Controlling - Zur Konzeption einer ökologisch verpflichteten Führung von Unternehmen. In: Wunderer,R.: Betriebswirtschaftslehre als Management- und Führungslehre, Stuttgart, 2.Aufl., 1988, S.317

hat dagegen die Aufgabe, Informationen über die betrieblichen Umwelteinwirkungen zu sammeln, zu verdichten und einer umweltorientierten Unternehmensführung zur Verfügung zu stellen. Während bei der Kostenrechnung monetäre Größen betrachtet werden, werden bei der Stoff- und Energiebilanzierung die im Unternehmen eingesetzten Stoffe und Energien sowie Produkte und Emissionen in ihren physikalischen Einheiten erfaßt.

Das betriebliche Umwelt-Controlling[6] läßt sich also vereinfacht als kybernetischer Regelkreis von Planung, Kontrolle und Koordination aller umweltbezogenen Entscheidungen und Handlungen eines Unternehmens auffassen.

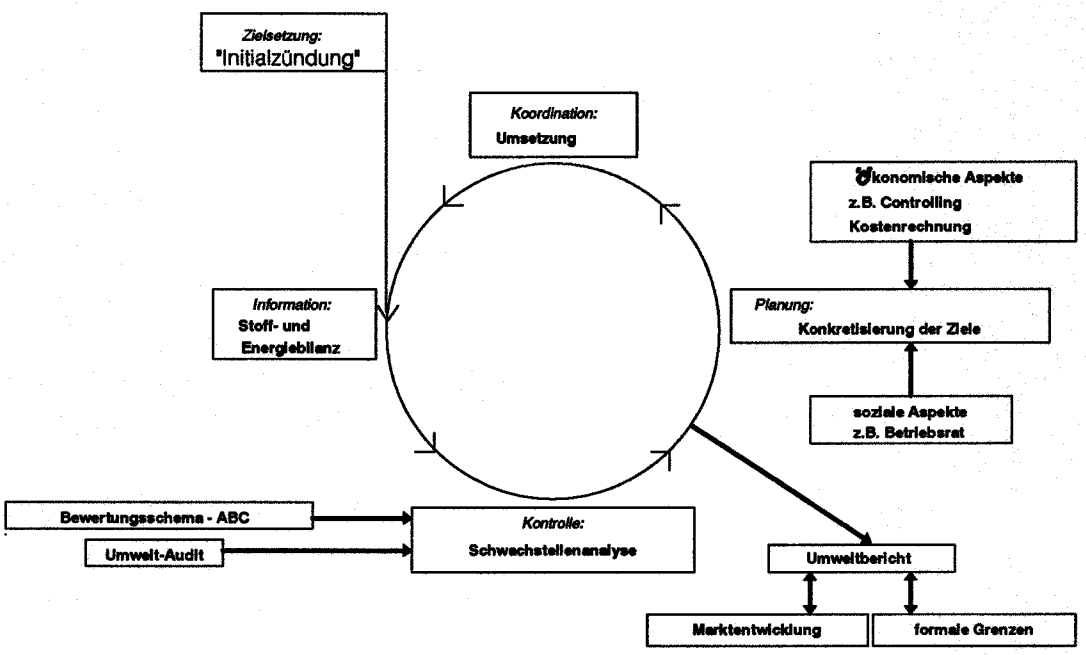

Abbildung 1: Umwelt-Controlling als Kreislaufmodell

2.2 Der Einsatz der EDV für das Umwelt-Controlling

Der Einsatz der EDV für das Umwelt-Controlling ist zwingend erforderlich, um die Fülle der umweltrelevanten Informationen mit einem vertretbaren Zeit- und Kostenaufwand verarbeiten zu können.

Deshalb stellt sich die Frage, wie die EDV im Rahmen der Umwelt-Controlling-Aufgaben eingesetzt werden kann.

Die Funktion eines Umweltdaten-Servers kann bei einem produzierenden Unternehmen das PPS-System übernehmen. Das Konzept einer rechnerintegrierten Planung und Steuerung der Produktion (PPS-System) hat zum Ziel, eine geschlossene und redundanzfreie Datenbasis für die betriebliche Produktion zu schaffen. Diese Datenbasis (auch als Grunddatenverwaltung bezeichnet) soll gemeinsam für die betriebswirtschaftlichen und technischen Funktionen genutzt werden.

---

[6]Vgl. Pfriem,R./Hallay,H.: Öko-Controlling als Baustein einer innovativen Unternehmenspolitik. In: Steger,U.: Handbuch des Umweltmanagements: Anforderungs- und Leistungsprofile von Unternehmen und Gesellschaft, Sonderdruck, München, 1992, S.305ff

Für ein ökologische Informationsmanagement ist die Grunddatenverwaltung von großer Bedeutung, da:

1. eine Vielzahl umweltwirksamer betrieblichen Informationen hier gehalten wird,
2. die noch nicht im PPS-System vorhandenen, aber für einen erfolgreichen betrieblichen Umweltschutz wichtigen Informationen hier integriert werden müssen.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen aber, daß die Datenbasen angebotener PPS-Systeme zu starr für ökologische Erweiterungen sind. Aus diesem Grund wird für die Datenhaltung zur Ökobilanzierung bis auf weiteres ein Stand-Alone-Rechner mit (direkter) Ankoppelung an das PPS-System verwendet werden müssen.

Deshalb wurde von der Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (PSI) in Zusammenarbeit mit dem IÖW die Umwelt-Controlling-Prototypsoftware (UCS1) geschaffen, um die Umsetzbarkeit des Umwelt-Controlling-Konzepts in eine DV-Lösung zu erproben und um auf diesem Wege Erfahrungen und Verbesserungsvorschläge zu sammeln. Alle wichtigen Funktionen wurden implementiert, lediglich Funktionen mit "Produktcharakter" wie Installationsroutinen oder Datensicherung existieren nicht.

Das Laufzeitsystem des Prototyps besteht aus zwei Teilen:

- UCS1 als Kernsystem mit allen Funktionen des Umwelt-Controlling bis auf die grafische Ausgabe der Bewertungsergebnisse
- UCGRAF als softwaretechnisch getrenntes Modul für die grafische Auswertung der UCS1-Daten.

Um ein schnelles Prototyping zu ermöglichen und die Implementation des Prototyps auf Standard-Rechnern (DOS-Systemen) zu erlauben, wurde als Entwicklungssystem für den Prototyp CLIPPER '87 gewählt. Die Datenhaltung geschieht in dBase-kompatiblen Dateien (.DBF-Format).

Der Prototyp ist mandantenfähig und hält sämtliche Daten für verschiedene Betriebe (oder Betriebsteile) und innerhalb dieser für verschiedene Jahre getrennt.[7]

3. Die Erfassung der betrieblichen Stoff- und Energieströme

Die systematische Erfassung der betrieblichen Umwelteinwirkungen, der Stoff- und Energieströme, geschieht mit Hilfe der Stoff- und Energiebilanzierung. Die Idee der Stoff- und Energiebilanzen begründet sich auf den ersten Hauptsatz der Thermodynamik, wonach in einem geschlossenem System Materie oder Energie weder vernichtet noch erzeugt werden kann. Danach müßten sich die Summen der Input- und Output-Positionen gleich sein (deshalb Bilanz!). In der Praxis ist es jedoch (noch) nicht möglich, sämtliche Stoff- und Energieströme zu erfassen.

---

[7] Vgl. PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993, S.1ff

3.1 Die Stoff- und Energiebilanz-Systematik

Die vom IÖW entwickelte Stoff- und Energiebilanz-Systematik hat zum Ziel, möglichst alle Stoff- und Energieaustauschbeziehungen, die im Zusammenhang mit den betrieblichen Tätigkeiten stehen, systematisch zu erfassen.

Die Stoff- und Energiebilanz-Systematik besteht aus vier Bilanzsystemen:

Die **Betriebsbilanz** soll einen Gesamtüberblick über die den stofflichen und energetischen In- und Output des Betriebes geben. Der Betrieb wird zunächst als "Black-Box" aufgefaßt. Auf der Input-Seite werden die eingesetzten Stoffe, Materialien und Energien, auf der Output-Seite die Produkte und Emissionen (Abwasser, Abluft, Abfall, Abwärme, Lärm usw.) dargestellt. Die Erfassung der Stoff- und Energieströme erfolgt dabei auf drei Ebenen. Auf der Ebene 1 werden diese grob in Werkstoffe, Energien, Produkte und Emissionen aufgeteilt. Die zweite Ebene erfaßt diese anhand eines sogenannten Öko-Kontenrahmens. In der dritten Ebene werden dann die Zuordnungen weiter aufgeschlüsselt nach Inhaltsstoffen und chemischen Zusammensetzungen. Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzungen und die Aufbereitung dieser dritten Ebene stellt die Basis der ökologischen Bewertung dar.

Die **Prozeßbilanz** untersucht nach dem Input-Output-Schema die betriebsspezifischen Abläufe und Prozesse. Grundlage dafür ist die zeitliche, räumliche oder produktbedingte Abgrenzung und Beschreibung der einzelnen Prozeß- und Verfahrensschritte. Durch die Gegenüberstellung der prozeßbezogenen Inputs und Outputs soll der Betriebsablauf transparenter gemacht werden, sowie eine Lokalisierung von ökologischen Schwachstellen und Optimierungspotentialen ermöglicht werden.

Die **Produktbilanzierung** dient der Bewertung der ökologischen Wirkungen der erzeugten Produkte. Dies soll idealtypisch über den gesamten Produktlebenszyklus (Rohstoffgewinnung, Vorproduktion, Produktion, Gebrauch, Distribution und Entsorgung einschließlich des Transportes) geschehen. Dazu müssen noch die Informationen über die unternehmensexternen Stoff- und Energieströme eines Produktes eingeholt werden. Für jede Produktstufe ist, soweit möglich, ebenfalls eine quantitative Erfassung der Stoff- und Energieumsätze vorzunehmen.

Durch eine **Substanzbilanzierung** werden die strukturellen Eingriffe wie Nutzung der Bodenfläche, Eingriffe in die Landschaftsstruktur, die Betrachtung von Anlagevermögen (z.B. Maschinen) und Lagerbeständen sowie Altlasten in die Bewertung der Umweltwirkungen des Unternehmens einbezogen.

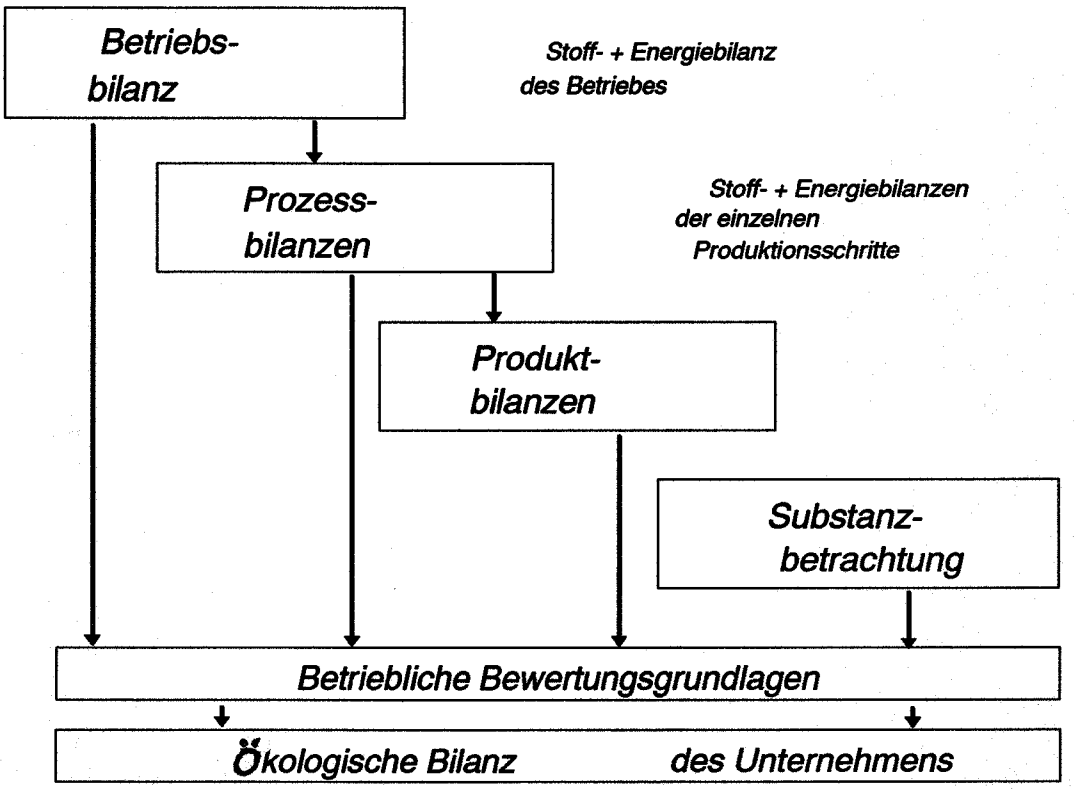

Abbildung 2: Die Stoff- und Energie-Systematik

3.2 Systematisierung der zu erhebenden Daten (Öko-Kontenrahmen)

Voraussetzung für die Erfassung der betrieblichen Stoff- und Energieströme ist ein (Konten-)Rahmen, der die zahlreichen Erfassungsobjekte ordnet und Gruppierungen ermöglicht. Die Schaffung eines geeigneten Kontenrahmens ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer systematischen Informationsbeschaffung.

Die grobe Unterteilung der betrieblichen Umwelteinwirkungen nach Stoffen, Energien, Produkten und Emissionen (Ebene 1 aus der Stoff- und Energiebilanz-Systematik) bedarf einer weiteren Differenzierung.

Für ein produzierendes Unternehmen kann folgender allgemeiner Öko-Kontenrahmen (zweite Bilanzierungsebene)[8] zugrundegelegt werden:

1.) Input-Werkstoffe
1.1) Rohstoffe: sind alle Stoffe, die unmittelbar in die zu erstellende Leistung (Produkt) eingehen.
1.2) Hilfsstoffe: sind ebenfalls Stoffe, die in die zu erstellende Leistung eingehen, aber lediglich eine Hilfsfunktion erfüllen (Lacke, Kleber, Verpackungen usw.).
1.3) Betriebsstoffe: sind kein Bestandteil der zu erstellenden Leistung, sondern werden nur bei der Herstellung dieser Leistung verbraucht (Schmierstoffe, Büromaterialien usw.).
1.4) Halbfabrikate/Verbundstoffe: sind selber gefertigte oder zugekaufte Teile und Baugruppen.
1.5) Wasser: wird aufgrund der ökologischen Bedeutung als selbständiger Gliederungspunkt betrachtet.
1.6) Büromaterialien: ist aus dem gleichen Grund wie Kontenrahmenposition "Wasser" ein eigenständiger Gliederungspunkt.
1.7) Waren(Handelswaren): sind Waren, die im betrachteten Unternehmen keinem Produktionsprozeß unterzogen werden und nur zur Ergänzung der Produktpalette beschafft werden. Für die Mengenbetrachtung handelt es sich hierbei um einen reinen Durchgangsposten.

2.) Input-Energien
2.1) Elektroenergie: lassen sich üblicherweise in "selbstbezogen" und "eigenerzeugt" unterscheiden.
2.2) Primärenergien: darunter fallen im wesentlichen Heizöl und Erdgas.
2.3) Verkehr: definitionsgemäß wird nur der Energieeinsatz für die PKW und LKW erfaßt, die auf das betrachtete Unternehmen zugelassen sind.

3.) Output-Produkte
3.1) Selbsterstellte Produkte: die Unterteilung entspricht der Angebotspalette des Unternehmens.
3.2) Ersatzteile: untergliedert sich entsprechend der Struktur der Input-Werkstoffen, die auch als Ersatzteile angeboten werden und damit teilweise nicht für die zu erstellenden Produkte eingesetzt werden.
3.3) Handelswaren: dieser Gliederungspunkt ist die logische Entsprechung des Durchgangsposten Waren(Handelswaren) von der Input-Seite.
3.4) Sekundärprodukte: sind wiederaufgearbeitete Produkte zu verstehen.

4.) Output-Emissionen
4.1) Abfälle: sind nach der Struktur des (zukünftigen) Entsorgungskonzeptes weiter zu untergliedern.
4.2) Abluft: ist nach Luftschadstoffen, Staub und Wasserdampf weiter zu untergliedern.
4.3) Abwässer: werden nach Sanitär- und Produktionsabwässer weiter unterteilt.
4.4) Energetische Emissionen: darunter werden üblicherweise Lärm (Einheit problematisch, da nicht Energieeinheiten meßbar!) und Abwärme verstanden.

---

[8] Vgl. Arndt,H.-K.: Methodische Überlegungen zur Ökobilanzierung. In: Informationsdienst des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH und der Vereinigung für ökologische Wirtschaftsforschung e.V., 7.Jg., Heft 6, 1992, S.7f

INPUT	OUTPUT
1. Werkstoffe 1.1 Rohstoffe 1.2 Hilfsstoffe 1.3 Betriebsstoffe 1.4 Halbfabrikate/Verbundmaterialien 1.5 Wasser 1.6 Büromaterialien 1.7 Waren (Handelswaren)	3. Leistungen (Produkte) 3.1 Selbsterstellte Leistungen(Produkte) 3.2 Ersatzteile 3.3 Handelswaren 3.4 Sekundärprodukte
2. Energien 2.1 Elektroenergien 2.2 Primärenergien 2.3 Verkehr	4. Emissionen 4.1 Abfälle 4.2 Abluft 4.3 Abwässer 4.4 Energetische Emissionen

Abbildung 3: Allgemeiner Öko-Kontenrahmen für ein produzierendes Unternehmen

Dieser allgemeine Öko-Kontenrahmen bildet den Ausgangspunkt für die Erstellung des betriebsindividuellen Öko-Kontenrahmens. Die Werkstoffe, Leistungen (Produkte) und Teile der Emissionen sollten in Gewichtseinheiten (z.B. kg), die Energien und energetischen Emissionen in Energieeinheiten (z.B. GJ) gemessen werden, um eine bessere Auswertung und eine Summierung von einzelnen Positionen zu ermöglichen (z.B. für ökologische Kennzahlen).

Bei der weiteren Differenzierung des allgemeinen Kontenrahmens ist zu beachten, daß die Gruppierung der betrieblichen Stoff- und Energieströme einerseits artspezifisch (d.h. gleichartige Stoffe, Energien, Produkte und Emissionen sollten in einer Gruppe zusammengefaßt sein) erfolgt, andererseits aber auch die Materialstammdatenstruktur des Unternehmens berücksichtigt wird. Dazu können alle (DV-gestützten) Unterlagen herangezogen werden, die Informationen über die im Unternehmen eingesetzten Stoffe und Energien enthalten. Dies sind unter anderem der Kontenplan der Finanzbuchhaltung/Kostenrechnung, der Kontenplan der Materialbuchhaltung und sonstige firmeninterne Gruppierungen.

Die Entwicklung eines Öko-Kontenrahmens gestaltet sich als ein wechselseitiger Prozeß zwischen den am Umwelt-Controlling beteiligten Personen. Deshalb ist auch ein einmal aufgestellter Kontenrahmen nicht als abschließende Vorgabe für einen längerfristigen Zeitraum zu verstehen, sondern (zumindest in der Anfangsphase) als Zwischenergebnis eines dynamischen Entwicklungsprozesses.[9]

---

[9]Vgl. dazu auch Wagner,B.: Vom Öko-Audit zur betrieblichen Öko-Bilanz. In: Lehmann,S./Clausen,J.(Hrsg.): Umweltberichterstattung von Unternehmen, Schriftenreihe des IÖW 57/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin, 1992, S.13

Anlagen oder allgemein Betriebsmittel stellen als solches zunächst keine Umwelteinwirkung dar, sondern können welche hervorrufen. Sie werden deshalb im Rahmen des Öko-Kontenrahmens nicht erfaßt. Trotzdem sind die ökologischen Charakteristika der Anlagen, dazu zählen beispielsweise der Energieverbrauch, das Emissionsverhalten und die eventuelle Recyclingfähigkeit, vor allem im Hinblick auf die jeweilige Nutzungsdauer von großer Bedeutung und sind deshalb im Rahmen der Substanzbilanzen zu erfassen.

3.3 Die Informationserfassung anhand des Prototypen UCS1

Die Informationserfassung anhand des UCS1-Prototyps erfolgt in vier Schritten:

1.) Einrichten eines Betriebes. Das System legt selbständig für einen neuen Betrieb (und das aktuelle Jahr) leere Datenbanken an.

2.) Manuelle Eingabe des Öko-Kontenrahmen (Stammdaten) in den UCS1-Prototyp. Bedingt durch den Einsatz des UCS1-Prototypen ist eine Gliederungstiefe (der zweiten Bilanzebene) von
(1) vier Ebenen für Input-Werkstoffe,
(2) drei Ebenen für Input-Energien,
(3) drei Ebenen für Output-Produkte und
(4) vier Ebenen für Output-Emissionen
als Standard vorgegeben (Gliederungstiefe ist im UCS1-System veränderbar).

3.) Aufbereitung der Stoff- und Energieströme, die sich aufgrund der vorhandenen Datenlage nicht im Öko-Kontenrahmen abbilden lassen (vor allem Energien z.B. über Anschlußleistungen, Nutzungsgrade und Jahresstunden von Anlagen oder Emissionen durch Berechnungen z.B. aus den Verbrauchs- und Abfalldaten), unter Einsatz einer Tabellenkalkulationssoftware.

4.) Übernahme der Jahresverbrauchmengen (Bewegungsdaten) der eingesetzten Stoffe und Energien sowie der erzeugten Produkte und Emissionen. Eine Import-Funktion des UCS1-Prototypen erlaubt das Importieren von Daten aus ASCII-Dateien in die unteren Ebenen des Öko-Kontenrahmens. Die Importfunktion des UCS1-Prototyps wird von der Firma PSI derzeit überarbeitet. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, mittels eines Tools, welches auf der Grundlage von MS Excel/Q&E und MS Access entwickelt wird, den UCS1-Prototyp direkt mit einem PPS-System zu verknüpfen.[10]

4. Die ökologische Bewertung

4.1 Das ökologische Bewertungssystem

Da für die Beurteilung der eingesetzten Stoffe, Energien, Produkte und Produktionsprozesse in der Bundesrepublik Deutschland keine einheitlich vorgegebenen Standards existieren, müssen diese von den Unternehmen selbst definiert bzw. vorgegebene Kriterien diskutiert und akzeptiert werden. Das IÖW

---

[10] Vgl. PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993, S.1ff

hat deshalb unter maßgeblicher Mitarbeit von Prof.Dr.Stahlmann von der Fachhochschule Nürnberg einen Kriterienkatalog für die ökologische Bewertung aufgestellt. Ein solches Konzept zur Beurteilung von Umwelteinwirkungen muß über die Einbeziehung umweltrechtlicher Rahmenbedingungen hinausgehen, da diese in der Regel nur einen Minimalkonsens der Umweltdiskussion wiedergeben. Die Einstufung der einzelnen Kriterien erfolgt mit Hilfe der A-B-C-Analyse, eine in der Betriebswirtschaftslehre übliche Bewertungsmethode, wobei

A: auf ein besonders relevantes ökologisches Problem bzw. großen Handlungsbedarf

B: auf ein ökologisches Problem bzw. Handlungsbedarf

C: auf nach vorliegendem Kenntnisstand kein ökologisches Problem und somit keinen Handlungsbedarf

hinweist.

Das Bewertungssystem[11] umfaßt folgende Kriterien:

1. Einhaltung umweltrechtlicher Rahmenbedingungen
Hier wird die Einhaltung bzw. Nichteinhaltung von bestehenden und geplanten Gesetzen, Verordnungen, Auflagen etc. bezüglich der Inputs und Outputs beurteilt.

2. Gesellschaftliche Anforderungen
Dieses Kriterium beurteilt die Kritik bzw. Akzeptanz der Öffentlichkeit, Bürgerinitiativen, Wissenschaft usw. gegenüber Stoffen, Verfahren, Produkten und Unternehmen.

3. Beeinträchtigungen der Umwelt (-Medien) Luft, Wasser, Boden, Toxizität (ökologisches Normalfallrisiko)
Im Rahmen dieses Kriteriums werden die Toxizität und das Gefährdungspotential auf die Umweltmedien und der darin existierenden Lebensgemeinschaften beurteilt.

4. Beeinträchtigungen der Umwelt durch potentielle Störfälle
Hier wird das Gefahrenpotential des Stoffes im Störfall einbezogen, als auch das Potential des Stoffes, selbst einen Störfall zu induzieren.

5. Beeinträchtigungen im Rahmen der Rohstoffgewinnung
Die Umwelteinwirkungen der Rohstoffgewinnung der zu bewertenden Inputs werden hier grob untersucht.

6. Beeinträchtigungen im Rahmen der Vorproduktion
Die Umwelteinwirkungen der Vorproduktion der zu bewertenden Inputs werden hier grob untersucht.

7. Beeinträchtigungen im Rahmen der Be- und Verarbeitung
Im Rahmen dieses Kriteriums wird das toxische Potential während und nach der Be- und Verarbeitung der zu bewertenden Inputs erfaßt.

8. Beeinträchtigungen im Rahmen des Produktgebrauchs
Anhand dieses Kriteriums werden mögliche Gefahren - durch Kontakt oder

---

[11] Vgl. Lehmann,S.: Interne Berichterstattung: Systematisierung und Kommunikation ökologischer Informationen. In: Lehmann,S./Clausen,J.(Hrsg.): Umweltberichterstattung von Unternehmen, Schriftenreihe des IÖW 57/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin, 1992, S.43ff

in Form von Emissionen - während des Produktgebrauchs beim Kunden berücksichtigt.

9. Beeinträchtigungen im Rahmen der Entsorgung
Die Umwelteinwirkungen der Entsorgung der zu bewertenden Input-Werkstoffe im fertigen Produkt werden hier untersucht.

10. Recyclingfähigkeit
Der Aspekt der Recyclingmöglichkeit berücksichtigt die technische Möglichkeit sowie die reale Umsetzung.

Für die Einstufungen in A, B oder C werden Bewertungsinformationen herangezogen, nach denen die Einstufung erfolgt. Für einige Kriterien wie z.B. "Gesetzliche Rahmenbedingungen", "Wirkungen auf das Umweltmedium Wasser" und "Toxizität" wurden definitive Vorgaben (Einhaltung vorgeschriebener Grenz- und Richtwerte, Einstufung nach Wassergefährdungsklassen, krebserzeugendes Potential etc.) bestimmt, die eine eindeutige Einstufung ermöglichen. Für andere Kriterien wie "gesellschaftliche Diskussion" war dies bisher nicht mit der Eindeutigkeit möglich.

Der Umgang mit "weichen" Informationen und die Tatsache, daß es weder ein standardisiertes Bewertungssystem gibt und kein objektives geben kann, erfordert eine große Transparenz des Verfahrens. Bewertungsgrundlagen, Informationsbeschaffung und Vorgehen bei der Beurteilung sind offenzulegen und nachvollziehbar zu machen.

4.2 Die Bewertung anhand des Prototyps UCS1

Nach der Erfassung der betrieblichen Stoff- und Energieströme kann eine Inhaltsstoffzuordnung mit Hilfe des UCS1-Prototyp vorgenommen werden. In der Inhaltsstoffzuordnung sind Informationen über die Zusammensetzung eines Werkstoffs oder einer Energie usw. enthalten. Hier werden auf der chemischen Ebene Inhaltsstoffe zugeordnet. Diese Zuordnung kann später für die Bewertung genutzt werden.[12]

Der UCS1-Prototyp kann und soll nicht selbständig bewerten, sondern unterstützt die Erfassung, Bewertung und strukturierte Darstellung der gesammelten Daten. Dazu kann im System die Liste der Bewertungskriterien nach der IÖW-Systematik für ein Unternehmen hinterlegt und beliebig verändert werden (neue Kriterien anlegen, vorhandene löschen usw.). Die zu einem Stoff oder einer Energie vorgenommene Bewertung kann dann in das UCS1-System eingegeben werden. Die Bewertungskriterien sowie ihre Zuordnung sind betriebsspezifisch. Unabhängig von dem Jahr, welches gerade bearbeitet wird, werden für einen Betrieb immer dieselben Kriterien gepflegt.

---

[9] Vgl. PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993, S.19

5. Die Auswertung

5.1 Auswertungsmöglichkeiten

Die Auswertungsmöglichkeiten der durch ein betriebliches Umwelt-Controlling erhobenen Umweltdaten (also sowohl Stoff- und Energie- als auch ökologische Bewertungsinformationen) lassen sich zusammenfassen zu den Gruppen der

- Mengenbilanzen ,
- Bewertungsergebnisse und
- ökologischen Kennzahlen.

Unter der Auswertungsgruppe "Mengenbilanzen" sind alle die Stoff- und Energiebilanzen zu verstehen, die aus der Menge der Stoff- und Energieinformationen (in physikalischen Größen erfaßt) erzeugt worden sind. Die Gruppe der Stoff- und Energiebilanzen läßt sich analog der IÖW-Bilanzsystematik in Betriebs-, Prozeß- und Produktbilanzen unterteilen. Die Einzelbilanzen können in verschiedenen Verdichtungsebenen (Gruppierungsebenen des Öko-Kontenrahmens) dargestellt werden.

Die Gruppe der "Bewertungsergebnisse" läßt sich gedanklich als einen "Quader" vorstellen, dessen Kanten durch den betrachteten Zeitraum (Jahr(e)), durch die Menge der betrachteten ökologischen Kriterien aus dem Kriterienkatalog und durch die Menge der betrachteten Stoffe und Energien beschrieben werden. Den Inhalt des Quaders stellen die Bewertungsergebnisse mit ihren Ausprägungen A, B, C oder "leer" (sofern eine Bewertung nicht vorgenommen werden konnte).

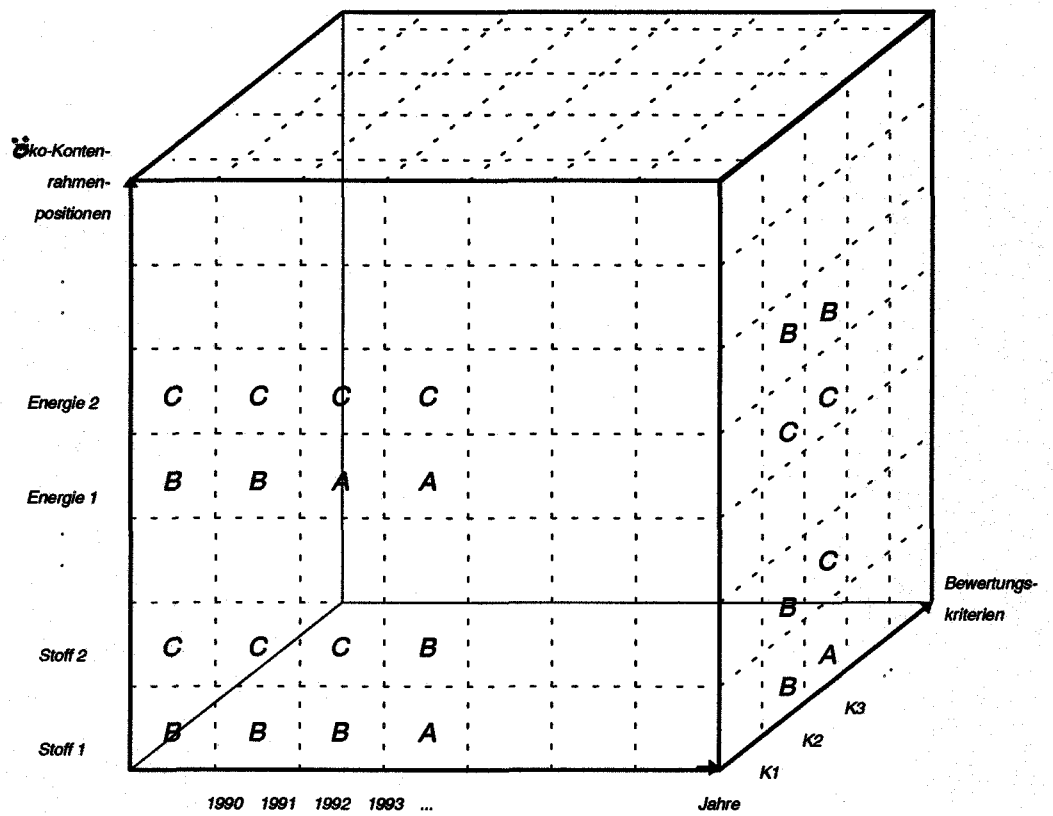

Abbildung 4: Gruppe der Bewertungsergebnisse

Eine Auswertung aus der Menge aller erfaßten Bewertungsergebnisse läßt sich somit als ein Schnitt durch diesen Quader auffassen (z.B. betrachtet wird ein Jahr über alle Kriterien und über alle Stoffe sowie Energien).

Die Gruppe der "ökologischen Kennzahlen" ermöglicht einerseits, die nur schwer überschaubare Menge umweltbezogener Daten zu entscheidungsorientierten Informationen zu verdichten, und damit zum anderen eine ökologische Zielvorgabe an untere Hierarchieebenen eines Unternehmens in Form von Sachzielen vorzunehmen. In Stoff-, Energie- und Umweltmedienkennzahlen werden die durch das Umwelt-Controlling erfaßten Daten in einen Zusammenhang gesetzt. Voraussetzung dafür ist die oben geforderte Erfassung der Daten in einheitlichen physikalischen Einheiten, da so die Aussagekraft (z.B. Ergebnis in %) der ökologischen Kennzahlen erhöht wird.[13]

[13] Vgl. Strobel,M.: Ein ökologieorientiertes Kennzahlensystem. In: Clausen,J./Hallay,H./Strobel,M.: Umweltkennzahlen für Unternehmen, IÖW-Diskussionspapier 20/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH; Berlin, 1992, S.28

5.2 Die Auswertungsmöglichkeiten des Prototypen UCS1

Zur Auswertung der eingegebenen Daten stehen zwei Gruppen von Funktionen zur Verfügung:

- Listen: Auswertung in Listen- bzw. Tabellenform. Diese ist Bestandteil des UCS1-Moduls und kann auf dem Bildschirm bzw. Drucker ausgegeben werden.
- Grafiken: Diese Auswertung wird aus dem programmtechnisch getrennten Modul UCGRAF ausgewählt. Dabei werden auf dieselben Daten der UCS1-Listenauswertungen zugegriffen, mit dem Unterschied, daß auch jahresübergreifende Auswertungen möglich sind.

Die zur Verfügung stehenden Auswertungen in Listenform bilden drei Gruppen:

- Mengenbilanzen, mit den Ausprägungen Betriebsbilanz, Prozeßbilanz und Produktbilanz und jeweils unterschiedlichen Verdichtungsebenen;
- Ausgabe der Bewertungsergebnisse in Form einer ABC-Bilanz und einer Bewertungsmatrix;
- Auswertung der im System definierten ökologischen Kennzahlen. Eine Kennzahl ist im System prinzipiell ein Quotient. Im Zähler und im Nenner wird dabei über die Verbrauchs-/Produktionsmengen ausgewählter Stoff- und Energiebilanzdaten sowie -gruppierungen aus dem Öko-Kontenrahmen aufsummiert. Zähler und Nenner sind dabei frei wählbar. Da in der bisherigen Fassung des Systems nicht sichergestellt werden konnte, daß die Mengenangaben der jeweilig zu summierenden Zähler und Nenner die gleiche Einheit besaßen (kg für Masse und KJ für Energie), kann mit der Funktion Einheitencheck geprüft werden, ob die Kennzahlendefinition in dieser Hinsicht sinnvoll ist.[14]

Die Listenarten können entweder auf Datei im ASCII-Format, oder direkt auf einem Drucker mit 80 Zeichen pro Zeile ausgegeben werden. Die Ausgabe auf Datei hat den Vorteil, daß die Ergebnisse per Textverarbeitung weiter aufbereitet werden können.

Für die grafischen Auswertungen ist zur Zeit im Modul UCGRAF das oben beschriebene "Quader"-Modell im Einsatz. Die vom UCGRAF angebotenen "Schnitte" durch diesen Bewertungsinformations-Quader oder "Listentypen" werden z.B. als Ökoprofil, Gruppenprofil, Gruppenentwicklung oder Stoffentwicklung bezeichnet. Ein Listentyp wird demnach definiert durch folgende Auswahl-Entscheidungen:

- Auswahl eines oder mehrerer Jahre
- Auswahl einer Öko-Kontenrahmen-Position oder einer Gruppe aus dem Öko-Kontenrahmen
- Auswahl eines oder mehrerer Bewertungskriterien.

Bei dieser Auswahl sollten nur solche Untermengen der Daten definiert werden, die aussagekräftige Einheiten bilden und deren Datenmenge noch in

---

[14] Vgl. PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993, S.27ff

Grafiken dargestellt werden können. Sinnvollerweise umfaßt eine praktikable Anzahl etwa eine 20 X 10 Matrix (z.B. 10 Kriterien, 20 Elemente, 1 Jahr).[15]

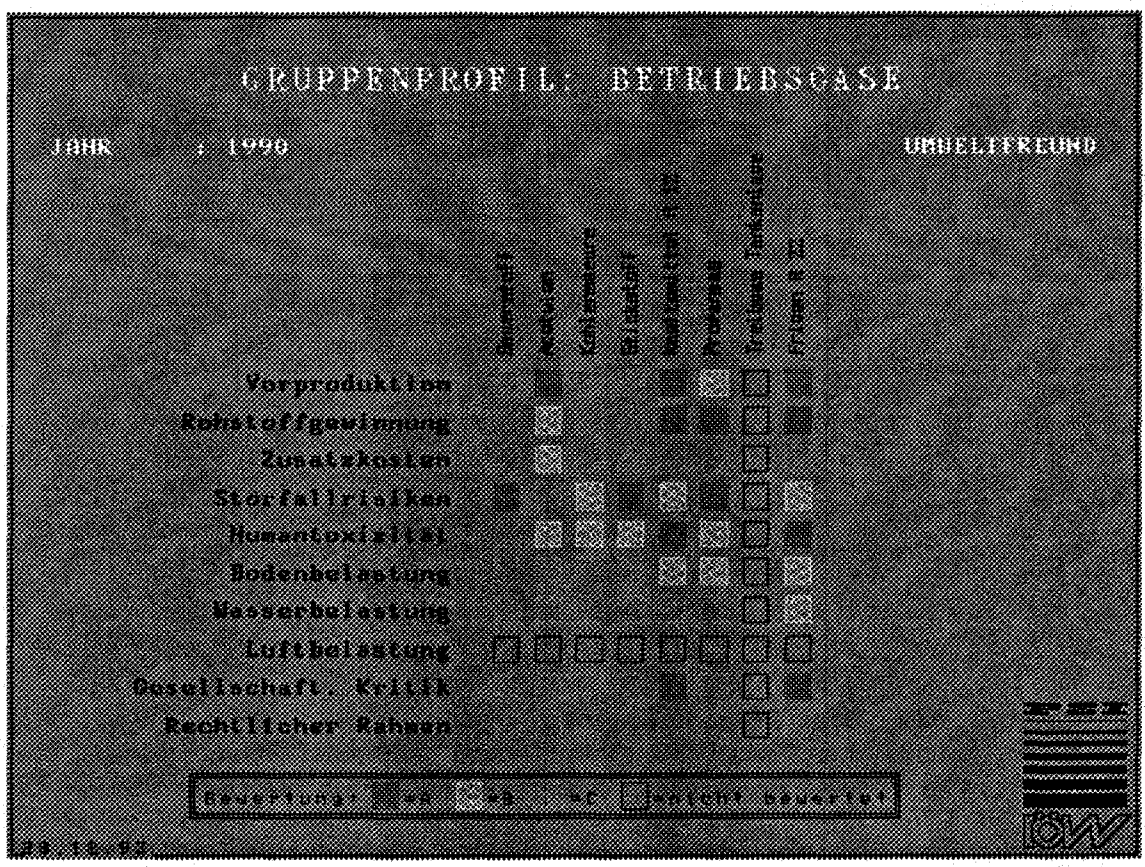

Abbildung 5: Beispiel für ein Gruppenprofil

6. Die Einführung des Umwelt-Controlling in die betriebliche Praxis

Die Erfahrungen zahlreicher Praxisforschungsprojekte des IÖW im Bereich mittelständischer Unternehmen haben gezeigt, daß gerade zu Beginn der Einführung eines Umwelt-Controlling die Beschaffung ökologischer Informationen mit einem großen Aufwand verbunden ist, obwohl die meisten Informationen in irgendeiner Form schon im Unternehmen vorliegen. Schwierigkeiten bereitet dabei vor allem die Beschaffung unternehmensexterner Informationen. Die Erfahrungen von durchgeführten Lieferantenbefragungen zeigen, daß Lieferanten im allgemeinen nur sehr ungenaue Informationen bereitstellen, um keine Betriebsgeheimnisse bekanntzugeben. Dies gilt insbesondere für Produktionsstufen, die weit von den Unternehmenstätigkeiten entfernt sind. Hier muß auf Mittelwerte aus der Literatur zurückgegriffen werden, die natürlich nicht in der gleichen Qualität vorliegen, wie die im Unternehmen beschafften Informationen.

---

[15] Vgl. PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993, S.32ff

Erst wenn die Stoff- und Energieinformationen in ausreichender Quantität und Qualität vorliegen, kann eine Bewertung dieser erfolgen. Bei der Einführung eines Umwelt-Controlling führt bisher hauptsächlich das IÖW die Bewertung der Stoffe, Energien, Produkte und Emissionen durch. Dabei hat sich gezeigt, daß die Unternehmen die vorgenommene sehr kritische Bewertung der Inputs und Outputs als eine ernstzunehmende Sichtweise ökologischer Probleme fast durchweg akzeptiert haben. Ziel ist jedoch, die Unternehmen zu einer eigenständigen Durchführung der Bewertung anzuleiten. Erfolge in dieser Richtung sind bei einem niedersächsischen Möbelhersteller erzielt worden.

Insgesamt hat sich für die Datenerfassung und die Datenpflege der Stoff- und Energieinformationen sowie für die Datenhaltung der Bewertungsinformationen der Einsatz eines DV-Programms wie der Prototyp UCS1 bewährt.

Von entscheidender Bedeutung für die dauerhafte Einführung eines Umwelt-Controlling ist aber die umfassende Einbeziehung der Mitarbeiter eines Unternehmens. Umweltschutz darf weder die alleinige Aufgabe des Chefs ("Umweltschutz ist Chefsache"), noch die Ressortangelegenheit des Umweltbeauftragten sein, sondern ist über alle Abteilungen und Ebenen des Unternehmens in die jeweiligen betrieblichen Aufgaben und Funktionen einzubeziehen. Die vollständige Durchdringung des Unternehmens ist hierbei das Ziel, kann jedoch im Rahmen der üblicherweise zur Verfügung stehenden Kapazitäten nur Schritt für Schritt bewältigt werden. Deshalb sollten zunächst die grundsätzlichen ökologischen Unternehmensziele diskutiert und festgelegt werden. Auf der Grundlage dieser Zielfestlegungen werden die Schwerpunktbereiche festgelegt, deren Untersuchung eine Schwachstellenanalyse liefert, die zum einen die ökologischen Schwachstellen und Optimierungspotentiale, zum anderen die Informationsdefizite aufzeigt. Obwohl die Schwachstellen zumeist den Unternehmen bekannt sind, gibt das Umwelt-Controlling einen besseren und systematischen Überblick über die ökologische Situation des Unternehmens. Als Abschluß eines ersten Durchlaufs erfolgt eine konkrete Planung zur Beseitigung bzw. Verringerung der aufgezeigten Umwelteinwirkungen mit Festlegung der Zuständigkeiten auf bestimmte Bereiche und des zeitlichen Rahmens. Im Rahmen eines kontinuierlichen Umwelt-Controlling ist die Untersuchung dann auf weitere Bereiche auszudehnen.

Bei der Einführung eines Umwelt-Controlling ist die Bildung von Arbeitsgruppen zu empfehlen, die aus Leitern der einzelnen Funktionsbereiche des Unternehmens, einem Vertreter des Betriebsrates, den Umweltbeauftragten und eventuell externen Beratern besteht. In diesen Arbeitsgruppen sind die einzelnen Schritte des Umwelt-Controlling vorzubereiten, zu diskutieren und die Ergebnisse darzustellen. Nicht zu unterschätzen ist der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Fach- und Funktionsträgern, der durch solche Arbeitsgruppentreffen stattfindet. In der Regel dauert dadurch die Durchführung zwar länger, dafür ist aber die Wahrscheinlichkeit höher, daß die Arbeitsergebnisse im Unternehmen akzeptiert werden und auch weiterhin zur Anwendung kommen. Nach Möglichkeit sollten die Arbeitsgruppen auch über die Zeit der Einführung eines Umwelt-Controlling hinaus bestehen, da so die dauerhafte Einbindung des Umweltschutzes in die betriebliche Organisation gewährleistet ist.

Literaturverzeichnis

Arndt,H.-K.: Methodische Überlegungen zur Ökobilanzierung. In: Informationsdienst des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH und der Vereinigung für ökologische Wirtschaftsforschung e.V., 7.Jg., Heft 6, 1992, S.7-9

Arndt,H.-K./Ankele,K.: Erprobtes Muster. Das Öko-Controlling erfüllt in weiten Bereichen die Anforderungen des Öko-Audits. In: Müllmagazin, 6.Jg., Heft 1, 1993, S.14-16

Clausen,J./Hallay,H./Strobel,M.: Umweltkennzahlen für Unternehmen, IÖW-Diskussionspapier 20/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH; Berlin, 1992

Coenenberg,A.G./Baum,H.G.: Strategisches Controlling - Grundfragen der strategischen Planung und Kontrolle, Stuttgart, 1987

Hallay,H./Pfriem,R.: Öko-Controlling: Umweltschutz in mittelständischen Unternehmen, Frankfurt a.M./New York, 1992

Lehmann,S.: Interne Berichterstattung: Systematisierung und Kommunikation ökologischer Informationen. In: Lehmann,S./Clausen,J.(Hrsg.): Umweltberichterstattung von Unternehmen, Schriftenreihe des IÖW 57/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin, 1992, S.32-49

Pfriem,R./Hallay,H.: Öko-Controlling als Baustein einer innovativen Unternehmenspolitik. In: Steger,U.: Handbuch des Umweltmanagements: Anforderungs- und Leistungsprofile von Unternehmen und Gesellschaft, Sonderdruck, München, 1992, S.295-310

PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH (Hrsg.): Handbuch UCS1. Der Prototyp des Umwelt-Controlling-Systems, PSI/IÖW, Stand Februar 1993, Velbert, 1993

Seidel,E.: Ökologisches Controlling - Zur Konzeption einer ökologisch verpflichteten Führung von Unternehmen. In: Wunderer,R.: Betriebswirtschaftslehre als Management- und Führungslehre, Stuttgart, 2.Aufl., 1988, S.307-322

Strobel,M.: Ein ökologieorientiertes Kennzahlensystem. In: Clausen,J./Hallay,H./Strobel,M.: Umweltkennzahlen für Unternehmen, IÖW-Diskussionspapier 20/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH; Berlin, 1992, S.21-37

Wagner,B.: Vom Öko-Audit zur betrieblichen Öko-Bilanz. In: Lehmann,S./Clausen,J.(Hrsg.): Umweltberichterstattung von Unternehmen, Schriftenreihe des IÖW 57/92, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin, 1992, S.3-31

Ziegenbein,K.: Controlling, Ludwigshafen (Rhein), 4.Aufl., 1992

Betriebliches Umwelt-Management und das betriebliche Umwelt-Informations-System (BUIS)

Dr. Harald Müller-Witt, Det Norske Veritas Industry, Essen
Dr. Manfred Wiecken, Digital Equipment GmbH, Köln
Rolf Winkelmann, Digital Equipment GmbH, Köln

1. Einleitung

Die Zeit ist reif für einen grünen Deming. Warum?
Das Lebenswerk des amerikanischen Wissenschaftlers und Professors Edward Deming ist praktisch das Synonym für Qualitätssicherung und wie man sie durch den Aufbau geeigneter Managementsysteme und die Steuerung der Arbeitsprozesse erreicht. Die heimische Industrie konnte er über Jahrzehnte nicht mit seinen Ideen überzeugen. Amerikanische Manager assoziierten bei dem Gedanken an Qualitätssicherung aufwendige und daher kostentreibende Kontrollverfahren am Ende eines Produktionsprozesses.

Nicht so die Japaner. In ihrem Kulturbereich fielen Demings Ideen auf einen fruchtbaren Nährboden. Qualitätssicherung wurde in der Fertigung des Inselreiches zu einem integralen Bestandteil und zieht sich quer durch den gesamten Produktionsprozessen. In Verbindung mit dem traditionellen japanischen Teamgeist bildet Total Quality Management (TQM) heute das Rückgrat der hierzulande so bewunderten Lean-Production. Fehler werden nachträglich nicht etwa teuer korrigiert, sondern von vornherein vermieden.

Im Ergebnis produzieren beispielsweise Japans beste Automobilbauer gegenwärtig in etwa der Zeitspanne ein völlig fehlerfreies Auto, die die schlechtesten heimischen Konzerne zur Beseitigung der Produktionsmängel am Neufahrzeug aufwenden müssen.

Statt höherer Kosten beschert konsequentes Qualitätsmanagement den Japanern so einen eindeutigen Wettbewerbsvorteil in der Triade. Der Trick war nun, es zu integrieren! Kein Wunder also, daß die japanische Industrie Edward Deming, als den Vater der Qualitätssicherung, alljährlich mit der Vergabe eines Preises ehrt, der seinen Namen trägt.

Im Umweltschutz befinden wir uns gegenwärtig in etwa der gleichen Phase, in der sich die Qualitätssicherung vor etwa 15 Jahren befand. Diesmal klagt die heimische Industrie, daß überzogene Umweltschutzgesetze die Kosten treiben, die Konkurrenzfähigkeit deutscher Produkte auf dem Weltmarkt mindern und letztlich auf die Beschäftigungssituation durchschlagen würden.

Die Argumentationsmuster gleichen einander und sind doch falsch - heute in der Bundesrepublik, wie damals in den USA.

Sie sind falsch, weil erneut in nachgeschalteten Kategorien gedacht wird, während es eigentlich darauf ankommt, den Umweltschutzgedanken konsequent in alle Produktionsprozesse zu integrieren.

Deutschland hat im internationalen Maßstab eine vorbildliche Umweltschutzgesetzgebung und der Umweltgedanke ist breit in der Bevölkerung ver-

ankert. Auf dieser Stärke ließe sich aufbauen. Wir werden es kaum schaffen, die Japaner auf dem Feld der Lean Production zu schlagen oder die Amerikaner in der angewandten Forschung. Unsere Chance liegt in einer konsequenten Ökologisierung. Wettbewerbsvorsprung hier bedeutet: systematische Umstellung unserer Produkte und Fertigungsverfahren auf geschlossenen Kreisläufe, nachhaltige Minimierung der Rohstoff- und Energiedurchsätze, simultane Senkung von Kosten und Umweltbelastungen.

Im ersten Teil des nachstehenden Artikels wollen wir versuchen die Entwicklung im Qualitätsmanagement darzulegen, um dann eine Brücke zum modernen Umweltmanagement zu schlagen. Der Kerngedanke den wir dabei verfolgen ist der, daß Managementaufgaben in diesen drei Bereichen nach genau dem gleichen Muster abgefahren werden können: Management ist Management ist Management!

Im zweiten Teil werden wir dann das betriebliche Umweltinformationssystem BUIS beleuchten. Das es sich dabei um ein Umweltinformationssystem handelt, ist exemplarisch zu verstehen. Worauf es letztlich ankommt, sind verläßliche und zeitnahe Managementinformationen. Denn: what get`s measured get`s done. Ob es sich um kontinuierliche Qualitätsverbesserung, systematische Fehlerkostenminimierung oder die permanente Übererfüllung der Umweltnormen handelt, stets ist neben der Mitarbeiterbeteiligung, die Informationsbeschaffung die zentrale Regelgröße.

Wenn man mit einem einfachen ISO 9000 Qualitätsmanagementsystem nach der Zertifizierung im Schnitt 5 Prozent vom Umsatz, mit einem Total Quality Managementsystem bis zu 20 Prozent Einsparungen realisieren kann, dann wird deutlich, daß die hier vertretene Auffassung, mit einem kombinierten Qualitäts-, Sicherheits- und Managementsystem und seiner kontinuierlichen Verbesserung lassen sich bis zu einem Drittel der herstellungs- und umweltrelevanten Kosten vermeiden, eine reale Grundlage hat.

Aufforderungen zur Kostenreduzierung von 30 Prozent und mehr sind aber auch die Größenordnung, mit der zahllosen deutschen Unternehmen, insbesondere im Bereich der (Automobil-) Zulieferindustrie durch die großen Hersteller konfrontiert werden.

Gegenwärtig scheinen sich die gesamten Rationalisierungsanstrengungen, quer durch alle Branchen, auf das Ausdünnen der Belegschaften zu konzentrieren. Richtig ist, daß dadurch kurzfristig die Wettbewerbsfähigkeit erhöht werden kann. Langfristig jedoch gilt es neue Märkte zu erschließen und das gelingt nur über neue, bedarfsgerechte Produkte.

Hier muß eine kombinierte Strategie aus Qualitäts,- Sicherheits-, Umwelt- und Lean Management (Q-S-U-L Strategie) ansetzen. Der durch sie bzw. ihre einzelnen Teilelemente ausgelöste kontinuierliche Verbesserungsprozeß zieht sich quer durch alle Abteilungen und Bereiche eines Unternehmens und bereitet den Nährboden, auf dem sich neue Ideen nicht nur entwickeln sondern auch durchsetzen können.

2. Vom Zusammenspiel der einzelnen Managementsysteme

2.1. Qualitäts-Managementsysteme

Wie so vieles haben auch die Qualitätsmanagementsysteme ihren Ursprung im Bereich der Militärlogistik. Bereits 1950 wurde in England ein Approved Inspection System eingeführt, das 1960 in die Allied Quality Assurance Publications (AQAPS) mündete. Firmen, die an größeren Systemaufträgen für den Militärbereich arbeiteten, mußten sich einem einheitlichen Qualitätssicherungsschema unterordnen, dessen Einhaltung der Auftraggeber überwachte.

Aus den dabei gewonnenen Erfahrungen entstand im Laufe der 70er Jahre der britische Qualitätsstandard BS 5750, der 1979 erstmals publiziert wurde. Kaum acht Jahre später gewann der Qualitätsmanagementgedanke internationale Anerkennung. Der überarbeitete BS 5750 (1st Revision) wurde von der International Organization zur ISO 9000 ff Norm erhoben. Gleichzeitig adaptierte ihn die EG als Euro-Norm EN 29000.

Die Kombination aus Internationalisierung der Qualitätsnorm einerseits und der Vertrag von Mastricht andererseits, der die Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft auf einen gemeinsamen Markt verpflichtete, machten über Nacht aus der ISO 9000er Serie einen quasi Industriestandard. Um nicht Gefahr zu laufen durch nichttarifäre Handelshemmnisse vom europäischen Markt ausgeschlossen zu werden, investieren insbesondere US-amerikanische Unternehmen in den Aufbau von QM-Systemen und ließen sich diese gleich nach der britischen (BSI) bzw. holländischen (RvC) Norm zertifizieren.

Ursprünglich mehr oder minder als Sicherheit für den Exportmarkt gedacht, realisierten die beteiligten Unternehmen sehr rasch die Vorteile, die mit einem zertifizierten QM-System einhergehen:

- sie entsprechen dem Bedarf und den Erwartungen ihrer Hauptabnehmer besser
- sie haben einen konkreten Wettbewerbsvorteil im Kampf um Absatzmärkte
- sie senken die Kosten

Gestützt auf diese positiven Erfahrungen, breitete sich der QM-Gedanke in den USA seit 1991 explosionsartig aus und brandet nun, als Welle von dort kommend, voll gegen den alten Kontinent zurück.

Großbritannien, von wo aus der Gedanke seinen Siegeslauf antrat, ist zweifellos der Vorreiter auf dem Gebiet der QM-System in Europa. Die deutsche Industrie war zu lange zu zögerlich. Allzusehr vertraute man auf die deutsche Ingenieurkunst und auf die heimische Philosophie der eingebauten Qualität. Daß diese mittels eines Managementsystems in die gesamte Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens gepflanzt werden kann, widersprach dem deutschen Selbstverständnis zutiefst.

Zögerlich und spät und erst als 15000 zertifizierte Unternehmen der britischen Industrie über den Umweg EG weiter Ausschreibungen und -Vorschriften, immer größere Teile des gemeinsamen Marktes okupierte, gewann die ISO 9000 Familie auch in Deutschland Anhänger. Zwischen 1992 und 1993 gab es eine Steigerung der zertifizierten Unternehmen um über 30 Prozent auf

mittlerweile etwa 1500 und eine Vielzahl von Unternehmen hat sich auf den Weg gemacht und wird sich in den kommenden Monaten zertifizieren lassen.

2.2. Umwelt-Managementsysteme

Handelt es sich bei den Qualitätssicherungssystemen um einen ungeregelten Markt, der gleichwohl durch die normative Kraft der internationalen ISO-Norm und EG-weiter Ausschreibungen zu einem quasi geregelten Markt erhoben wurde, sieht es auf dem Gebiet der Umeltzertifizierung von vornherein nach einem staatlich geregelten Markt aus.

Nach der EG-Verordnung zur "Umweltbetriebsprüfung" vom 10. 07. 93 hat die Bundesregierung bis Juli 94 Zeit, eine Akkreditierungsstelle für externe Zertifizierungsgesellschaften zu benennen. Spätestens mit Wirkung vom 10. 04. 95 tritt die Verordnung dann in Kraft. Zur Zeit sieht es so aus, als ob die Trägergemeinschaft Akkreditierung, Deutschland (TGA) das Rennen machen wird. Dies hätte den Vorteil, daß sowohl die externen Qualitäts- wie auch die Umwelt-Zertifizierer von einer zentralen Stelle aus akkreditiert und überwacht würden.

Was die deutsche Norm selbst anbelangt, so wird sie derzeit im Normenausschuß Grundlagen Umweltschutzsysteme (NAGUS) des DIN entwickelt. Entsprechend der Vorgabe der EG wird es ein Höchstmaß an Übereinstimmung mit der ISO 9000er Norm und damit dem betrieblichen Qualitätsmanagement geben. Strittig ist nur, ob die künftige Umweltnorm als Addendum dem Qualitätsregelwerk zugeschlagen, oder aber als eigenständiges Managementsystem implementiert werden soll.

In Holland ist man bereits weiter. Dort ist die nationale Akkreditierungsstelle bereits benannt und hat ihrerseits verkündet, daß sie den British Standard (BS) 7750 zur Grundlage für die Durchführung der (noch freiwilligen) Umweltbetriebsprüfungen (Eco-Audits) erhebt. Damit ist klar, daß erneut, wie bereits bei den Qualitätsmanagement-Systemen, die angelsächsische Philosophie des "Hineinprüfens" statt "Hineinkonstruierens" das Rennen machen wird.

Ob diese Herangehensweise uns Deutschen nun schmeckt oder nicht, Europa hat diesen, den "systematischen" Weg gewählt. Zumindest die Großindustrie bereitet sich intern bereits vor. Allenthalben werden interne Umweltbetriebsprüfungen von den ausgewählten Betriebsstätten nach dem BS 7750 durchgezogen. Diesmal möchte man rechtzeitig gewappnet sein, sollte die Umweltbetriebsprüfung nach 1995 gesetzliche Pflicht werden und von externen und unabhängigen Zertifizierungsgesellschaften überprüft und ihre Einhaltung durch eine entsprechende Konformitätsbescheinigung (Zertifikat) bestätigt werden müssen.

2.3. Sicherheits- und Risikomanagementsysteme

Richtet man die Aufmerksamkeit auf das dritte Element moderner Managementsysteme, das Sicherheitsmanagement, dann bewegt man sich international gesehen im gänzlich ungeregelten Bereich. Nicht was die Gesetzeslage anbelangt: Störfall- und Gefahrgutverordnung in Deutschland etwa sind min-

destens ebenso wirkungsvolle Regelwerke, wie die Safety Case Legislation in England. Wohl aber was die Ausgestaltung von Managementsystemen anbelangt, die zur Einhaltung von Sicherheitsstandards beitragen sollen.

Hier hat seit vielen Jahren das International Loss Control Institut (ILCI) von Det Norske Veritas (DNV) Pionierarbeit geleistet. Was in den letzten Jahren in Atlanta zum Thema modernes Sicherheitsmanagement und Vermeidung von Fehlerkosten entwickelt wurde, ist zumindest in weiten Teilen der Großindustrie zu einem de facto Standard geworden. Quer über alle Kontinente hinweg haben sich weltweit mehr als 5500 Firmen für diesen Management Ansatz entschieden.

Zwei Gründe waren hierfür ausschlaggebend: zum einem kann in rezessiven Zeiten, bei starkem Wettbewerb und niedrigen Gewinnspannen die interne Fehlervermeidung mehr zum Gewinn beitragen, als so manch teure Verkaufspromotion. Wenn ein Unternehmen bspw. mit einer Gewinnspanne von 3% operiert, dann müßte es zum Ausgleich von Verlust/Fehler- oder Unfallkosten in Höhe von 50000 DM zusätzlich Waren und Dienstleitungen in Höhe von 1.667 Mio DM verkaufen, nur um diesen Verlust zu neutralisieren. Bei einer Gewinnspanne von 5% sind es immerhin noch Mehrverkäufe in Höhe von 1 Mio DM.

Zum anderen zeigt eine Beschäftigung mit dem DNV-ILCI Modell für Verlustursachen (siehe Abbildung 1), daß jeder Verlust letzten Endes nicht etwa auf das Konto individuellen Versagens eines einzelnen Arbeitnehmers zurückgeführt werden kann, sondern auf Mängel im Management und damit im System.

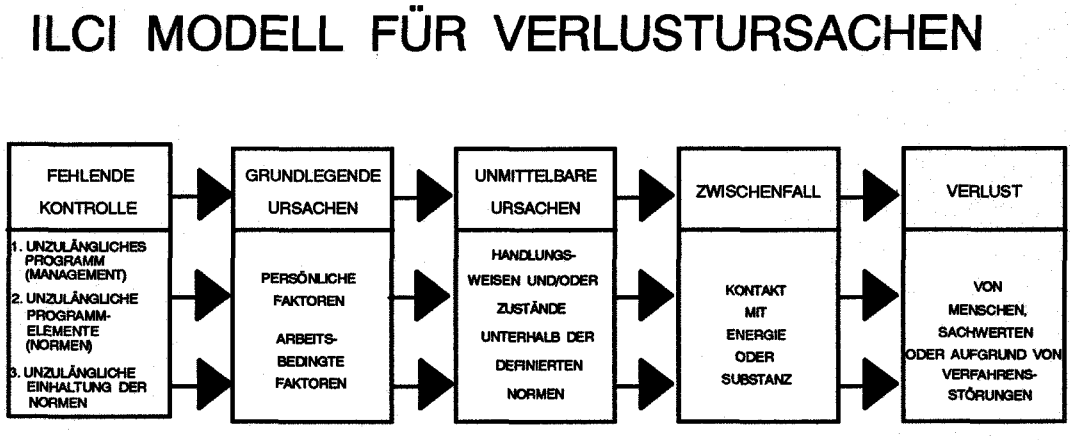

Abbildung 1: Das DNV-ILCI Modell für Verlustursachen.

Diese rückwärts gerichtete Ursachenanalyse, die stets auf Mängel im Bereich des Managementsystems hinweist, ist eine Denkweise, die wie bereits ausgeführt, im angelsächsischen Bereich ungleich populärer ist, als im deutschen Kulturraum. Ob nun rückwärts gewandte Ursachenanalyse oder vorwärts orientierte Qualitätsssicherungs- bzw. Umweltpolitik: "it all comes down to management". Hier liegt der Schlüssel zum Erfolg oder Mißerfolg und hier liegt die Schnittmenge von Qualitäts-, Sicherheits- und Umweltverantwortung. eine Erkenntnis, der in der jüngsten Zeit immer mehr Unternehmen auch in Deutschland Rechnung tragen, indem sie die drei Funktionen in der Hand eines Vorstandsmitglieds zentralisieren.

3. Managementprinzipien

Worin besteht nun das "Geheimnis" guter Managementsysteme? Gleich ob es sich um ein Qualitätsproblem, einen Unfall mit mehr oder minder schwerem Ausgang oder um ein Umweltrisiko für ein Unternehmen handelt. Stets kann man dem Problem mit einem Schema zu Leibe rücken, das nachfolgend wiedergegeben wird.

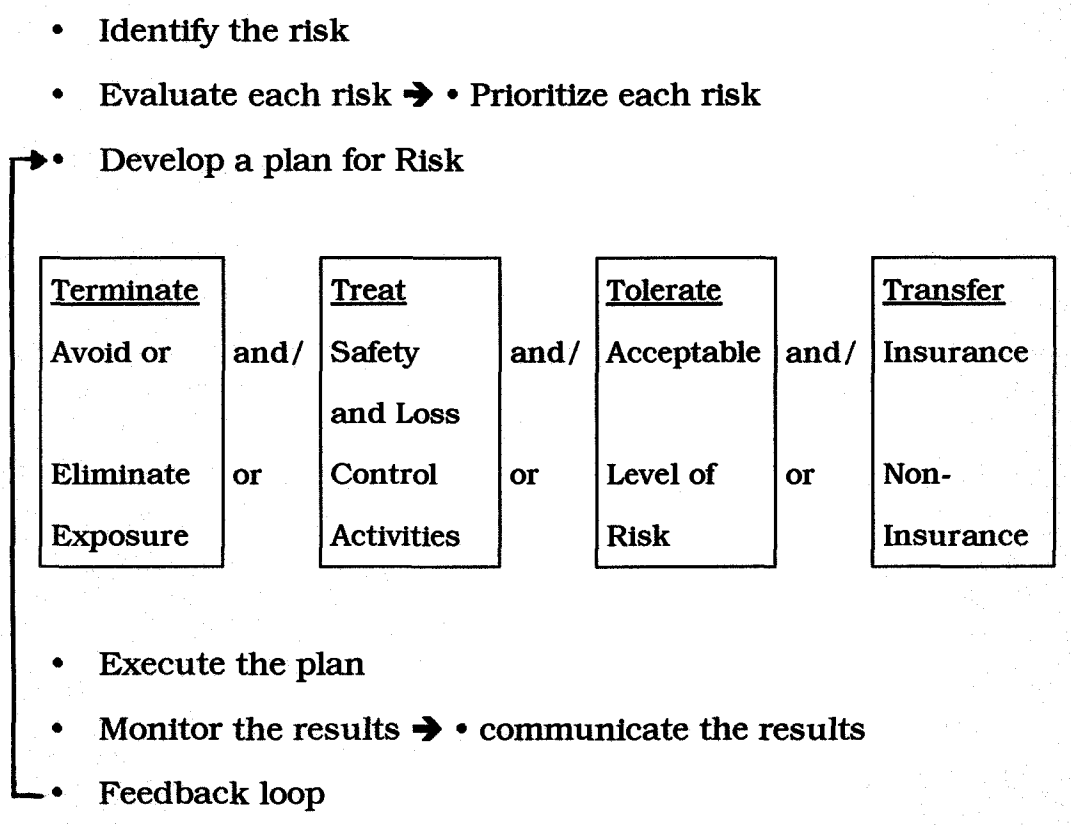

Abbildung 2: Managementprinzip

Zunächst müssen die Probleme eingekreist werden. Wenn dies auf systematische Weise geschehen ist, gilt es die Fakten zu evaluieren, die mit jedem dieser Probleme einhergehen. Alsdann führt man eine Priorisierung durch. In der Reihenfolge der Prioritätenliste gilt es dann für jedes Problem und die damit einhergehenden Risiken einen Plan, eine Vorstellung zu entwickeln ob man es a) leicht vermeiden und/oder b) sichernd eindämmen (kontrollieren) und/oder c) ggfls. hinnehmen und/oder d) versichern bzw. bewußt ausklammern kann .Dieser Plan wird in die unternehmerische Realität umgesetzt. Die Ergebnisse der Umsetzung und der dadurch erreichten Veränderungen werden regelmäßig gemessen und zumindest an alle Beteiligte, unter Umständen auch an potentiell Betroffene kommuniziert. Ein positiver Rückkoppelungsprozeß schließt diesen Zyklus ab. Entweder besteht dann noch weiterer Handlungsbedarf, dann muß ggfls. der Plan überarbeitet werden, oder aber man ist mit dem Ergebnis zufrieden und kann sich dem nächsten Problem auf der Prioritätenliste zuwenden.

Das Geheimnis eines guten Managementsystems ist damit gar kein Geheimnis: es ist der Grad seiner Einfachheit. Die Schwierigkeit in der Praxis besteht in 9 von 10 Fällen darin, daß die an einem Prozeß Beteiligten sich mittendrin von ihrem Pfad ablenken lassen. Da wird die Einhaltung des Plans nicht überwacht, da gibt es keine Meilensteine, Rückkoppelung, d.h. Korrekturmaßnahmen wo notwendig, findet nicht statt und vor allem es fehlen geeignete, zielführende Meßkriterien- und systeme.

Hier schließt sich der Kreis: "what get´s measured get´s done". So einfach ist das und damit sind wir bei den Informationssystemen.

Bevor wir uns allerdings diesem Thema im Detail zuwenden, wollen wir die Kombination der Managementsysteme und der sie unterstützenden Führungs-Informtionssysteme sozusagen die geistige Klammer zwischen den beiden Welten, in Form einer Pyramide darstellen, die sich an den bekannten Aufbau der ISO 9000 Qualitätshandbücher anlehnt.

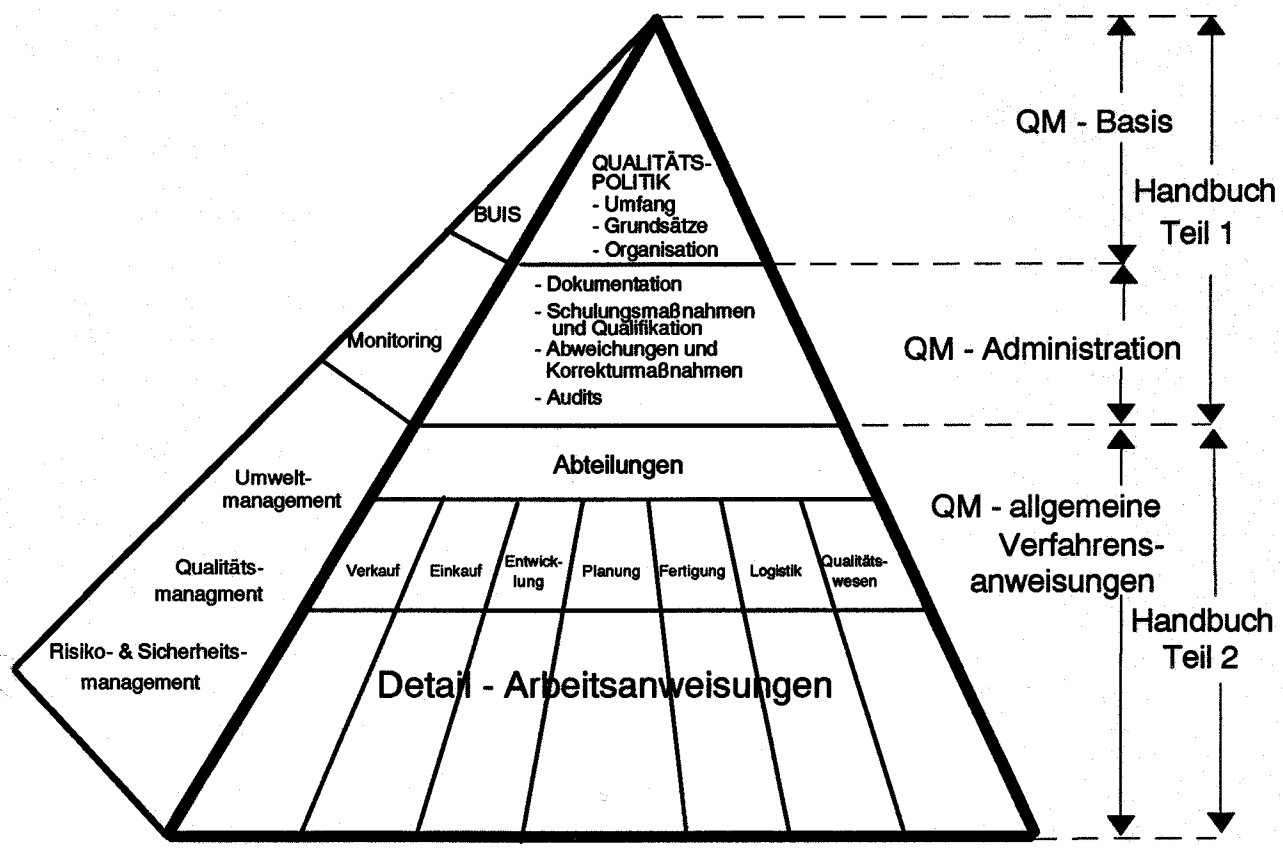

Abbildung 3: Zusammenspiel von Management- und Führungs-Informationssystemen.

4. Computergestütztes betriebliches Umwelt-Management (CAE)

4.1 Technische Beschreibung und Aufbau von DEC-BUIS

Um den stetig steigenden Anforderungen im Umweltschutzmanagement gerecht zu werden, spielt der richtige Einsatz von strategischen Informationstechnologien eine immer wichtigere Rolle. Während in der Vergangenheit hauptsächlich Insellösungen zum Einsatz kamen, die begrenzte Aufgaben zu erfüllen hatten, wird heute immer deutlicher, daß eine unternehmensweite ganzheitliche Sichtweise erforderlich ist. Die Konsolidierung von Informationen aus allen Produktionsbereichen sowie die Kombination mit Stoffdaten und kommerziellen Daten ist hierfür eine Grundvoraussetzung. Die Herausforderung liegt in der effektiven und effizienten Integration aller Bedürfnisse der vorhandenen Organisationen und Geschäftsziele.

Vor diesem Hintergrund hat Digital die Voraussetzungen geschaffen, um kundenspezifische Informationssysteme zu erstellen, die diesen Anforderungen genügen. Als ein Beispiel für solche Systeme wurde ein Prototyp eines Betrieblichen Umweltinfomationssystems (BUIS) erstellt, das die Basis für die folgende technische Beschreibung ist.

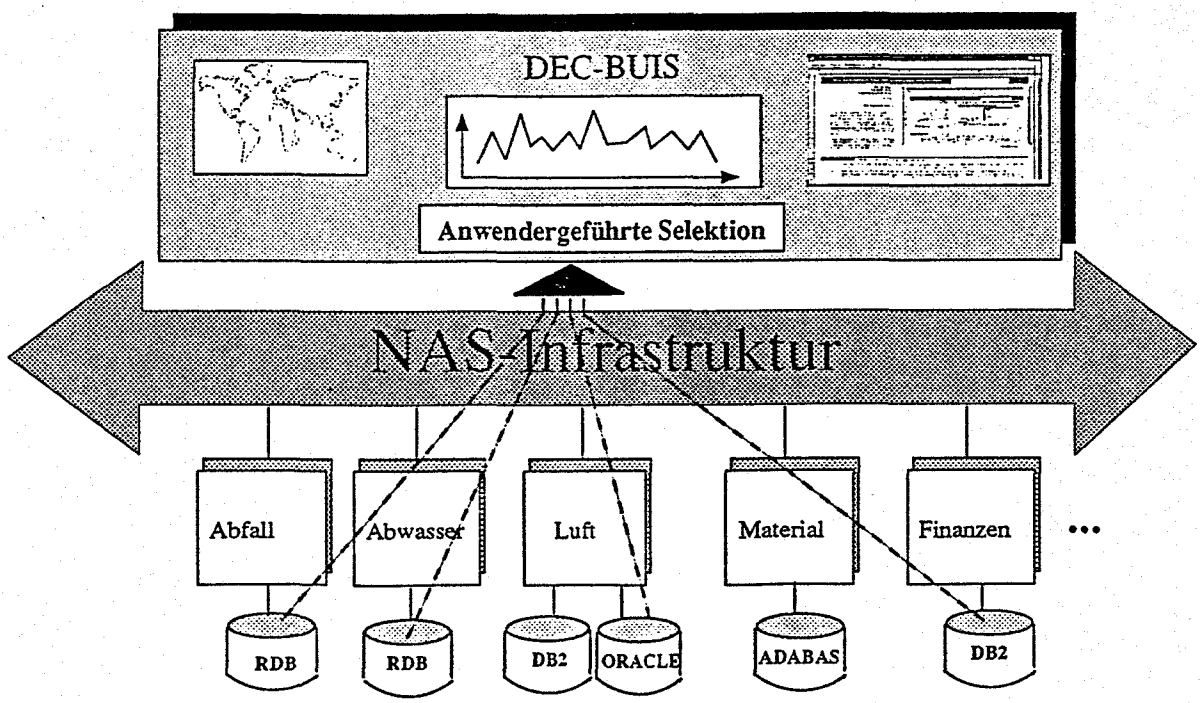

Abbildung 4: BUIS hat Zugang zu unterschiedlichen Datenbanken

Auf BUIS kann von mehreren Desktops unterschiedlicher Systeme zugegriffen werden. Dadurch wird einem breiten Anwenderkreis die Nutzung von BUIS ermöglicht.

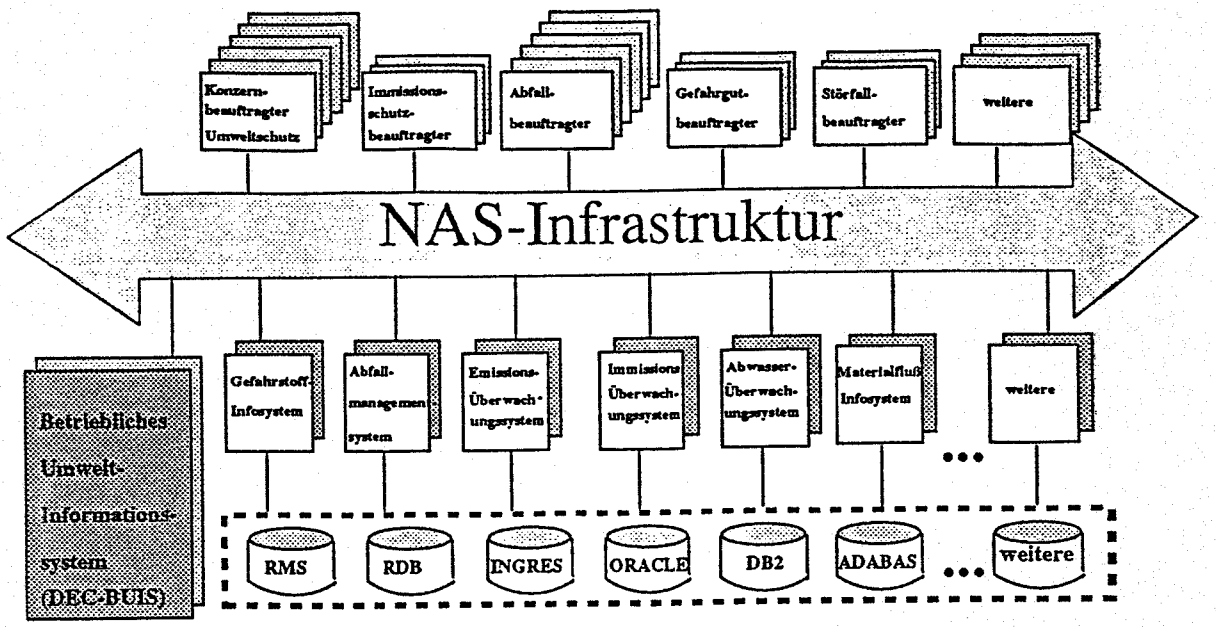

Abbildung 5: BUIS kann für unterschiedliche Aufgaben benutzt werden.

Das zugrundeliegende Konzept berücksichtigt sowohl die Integration von Daten als auch von Applikationen.

Durch den Einsatz Objekt-orientierter Technologien werden unter anderem die persistenten Daten von Applikationen zu einem gesamtheitlichen Datenstand integriert.

Dabei werden relationale Modelle in ein ausführbares, objekt-orientiertes Modell umgesetzt. Mittels eines Generators, der auf den gleichen Konzepten aufsetzt, wird über einen Dialog mit dem Anwender eine neue, auf allen Datenbeständen basierende Applikation erstellt.

Das Applikationsspektrum reicht vom einfachen Interface zu einer Datenbank bis hin zu einem Datenwarehouse, in dem die Informationen von mehreren in einem heterogenen Netzwerk existierenden Datenbanken integriert werden.

Mit Hilfe eines Generators ist ein sehr effektives und schnelles Prototyping von Applikationen bis hin zur fertigen Applikation durchführbar. Der Generator kann eingesetzt werden für das Engineering , Reengineering und die Integration von bestehenden Applikation.

Durch Anwenderspezifische Objektdefinitionen (zur Auswahl und Verdichtung von Informationen) kann aus einem Datenwarehouse das Betriebliche Umwelt-Informationssystem erstellt werden.

Generierte Applikationen zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- Integration von Applikationen
  - auf der Ebene der persistenten Daten dieser Applikation durch eine allen Datenmodellen (ER-Modelle) der Datenbanken überlagertes Objektmodell,
  - auf der Ebene eines Message-Servers zum Austausch von Nachrichten und Events zwischen Applikationen
  - auf der Ebene der Funktionalitäten durch Applikation Control Access Services (ORB),
- Client/Server Technologie,
- Fenster-basiertes Benutzerinterface zu der generierten Applikation,
- Beliebige über Icons, Formulare und Scrollboxen definierte Zugriffe zu persistenten Daten (Originaldatenbanken oder Kopien der Originale). Es sind keine SQL-Kenntnisse erforderlich!
- Schreibender und lesender Zugriff zu den Daten,
- Präsentation der Daten in Formularen, Scrollboxen, Dialogboxen und Businessgraphiken,
- aktives Monitoring von Daten,
- Beliebige Erweiterbarkeit des Objekt-Modells durch Definition neuer Objekte oder Spezialisierung bestehender Objekte,
- OO-API zum Objektmodell.

Aufbau von BUIS

BUIS setzt sich aus fünf Funktionsgruppen zusammen (Abbildung 6). Diese sind :

1. das Benutzerinterface, bestehend aus Navigation , Graphik und Werkzeugen.
   Über die Navigation werden Abfragen getätigt, deren Ergebnisse in Grafiken oder Tabellen dargestellt werden.
   Tools, z.B. zur Konfiguration und Pflege des Systems, sind ebenfalls über das Benutzerinterface zu bedienen.
2. das Objekt -orientierte Modell.
   Hier wird die individuelle Datenstruktur eines Unternehmens in Form von Objekten dargestellt.
3. die Kernel-Library.
   Die Kernel-Library stellt alle wesentlichen Funktionen für den Zugriff auf die Unternehmensdaten und Anwendungen zur Verfügung.
4. Basis Komponenten.
   Zur Integration von Daten und Applikationen, zur Kommunikation und als Benutzer-Interface wird auf bestehende oder sich entwickelnde Standards zurückgegriffen, soweit es sinnvoll und möglich ist. Hierzu werden die Dienste eingesetzt, die in der Digital-Standard-Software NAS implementiert sind.
5. Werkzeuge.
   Zur Generierung , Konfiguration und Pflege des Systems werden Werkzeuge bereitgestellt, die die verschiedenen Benutzergruppen vom Systemmanager über den Systemintegrator bis zum normalen Benutzer bei ihrer Arbeit unterstützen.

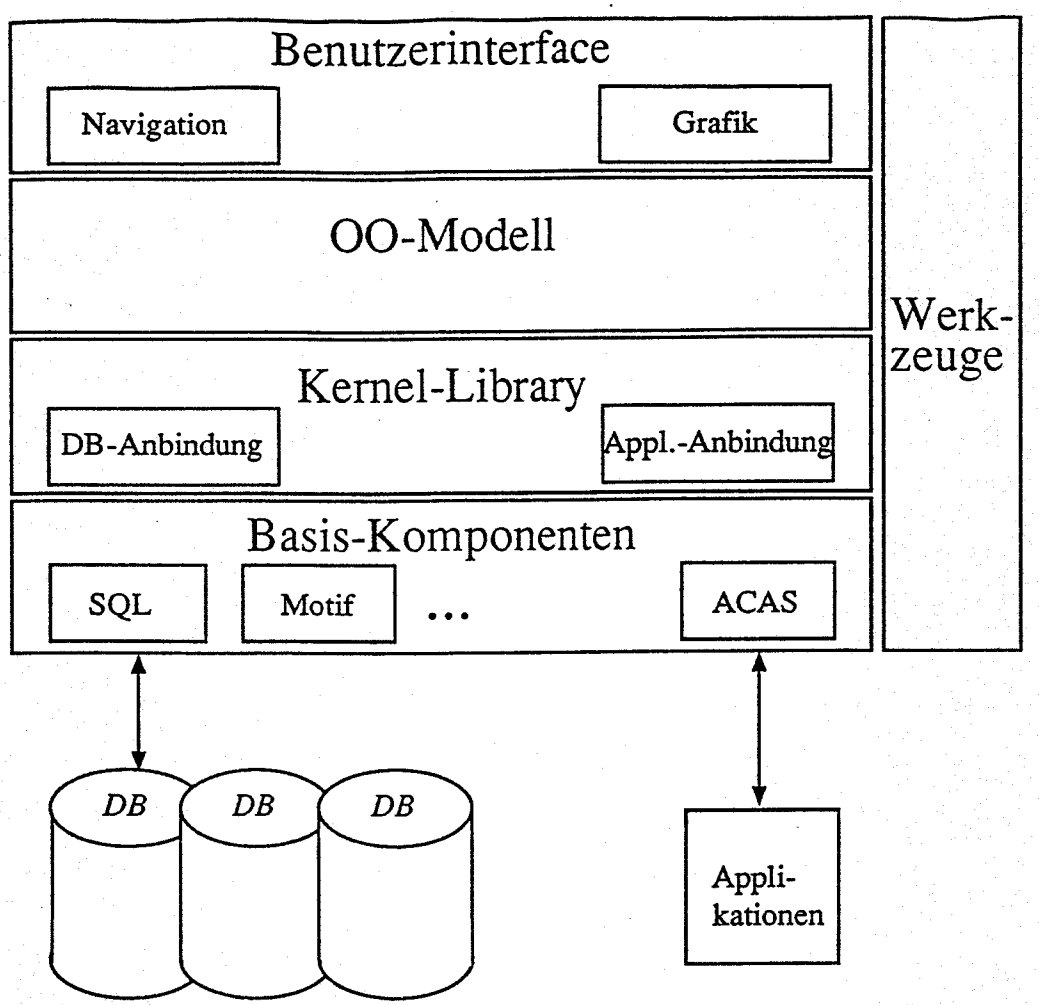

Abbildung 6: Struktur des Systems

4.2 Benutzerinterface

Das Benutzerinterface besteht aus drei Bereichen: der Navigation, der Grafik und den Tools.

4.2.1 Navigation

Die Selektion von Daten und die Auflösung von Abfragen bzw. Auswertungen geschieht in einem speziellen Navigationsfenster. In ihm werden die verfügbaren Themen und deren Beziehungen in Form eines Netzes dargestellt. Die Auswahl eines Knotens im Netz durch Anklicken mit der Maus bewirkt die Aktivierung des ausgewählten Objektes. Die Aktivierung eröffnet dem Anwender ein Dialogfenster, in welchem er seine Fragestellungen weiter spezifizieren kann. Bestehen Abhängigkeiten von anderen Objekten, so werden diese automatisch mit aktiviert und bei Bedarf weitere Dialogfenster geöffnet. Zur besseren Übersicht lassen sich Teile des Netzes zu Superknoten zusammenfassen, die komplexere Informationen und Zusammenhänge repräsentieren.

4.2.2 Grafik

Neben dem Navigationsfenster werden auf dem Bildschirm ein Grafik-Fenster und die dazugehörige Legende eröffnet. Darin können z.B. Landkarten, Fotos und technische Zeichnungen dargestellt werden (Abbildung 7).

Innerhalb eines Grafikfensters können Bilder wie transparente Folien überlagert werden. So kann beispielsweise einem Werksplan ein Rohrleitungsnetz überlagert werden. Durch Blättern kann die Reihenfolge der Folien bestimmt werden, d.h. welche Folie sich im Vordergrund befindet und dadurch andere, die sich im Hintergrund befinden, überlagert.

Das Grafikfenster stellt den räumlichen Bezug zu den Daten her. Dazu werden die Informationen in den Datenbanken mit den dazugehörigen Objekten in dem Grafikfenster verknüpft.

Das Grafikfenster hat zwei Funktionen:

a) Selektieren von Objekten innerhalb des Grafikfensters und Auslösen der damit verbundenen Aktionen durch einfaches Anklicken mit der Maus.

An die grafischen Objekte können unterschiedliche Aktionen gebunden werden:

- Textinformationen über das Objekt
- Fotos des Objektes
- Darstellung des Objektes in detaillierter Auflösung (Informationszoom)
- Darstellung von Konstruktions- oder Verfahrensplänen (Abbildung 8)
- Aktivierung von weiteren Aktionen wie z.B. Berechnungen, Start von Applikationen etc.

Sind zu einem Objekt mehrere Aktionen definiert, so kann über ein Menü die gewünschte Aktion ausgelöst werden.

b) Lagegenaue Anzeige von Informationen als:

- Karten und Lagepläne
- Fotos
- Zeichnungen
- Meßwerte in unterschiedlichen Darstellungsformen (farbige Symbole, Kurvendiagramm, Säulen, Torten, ...)

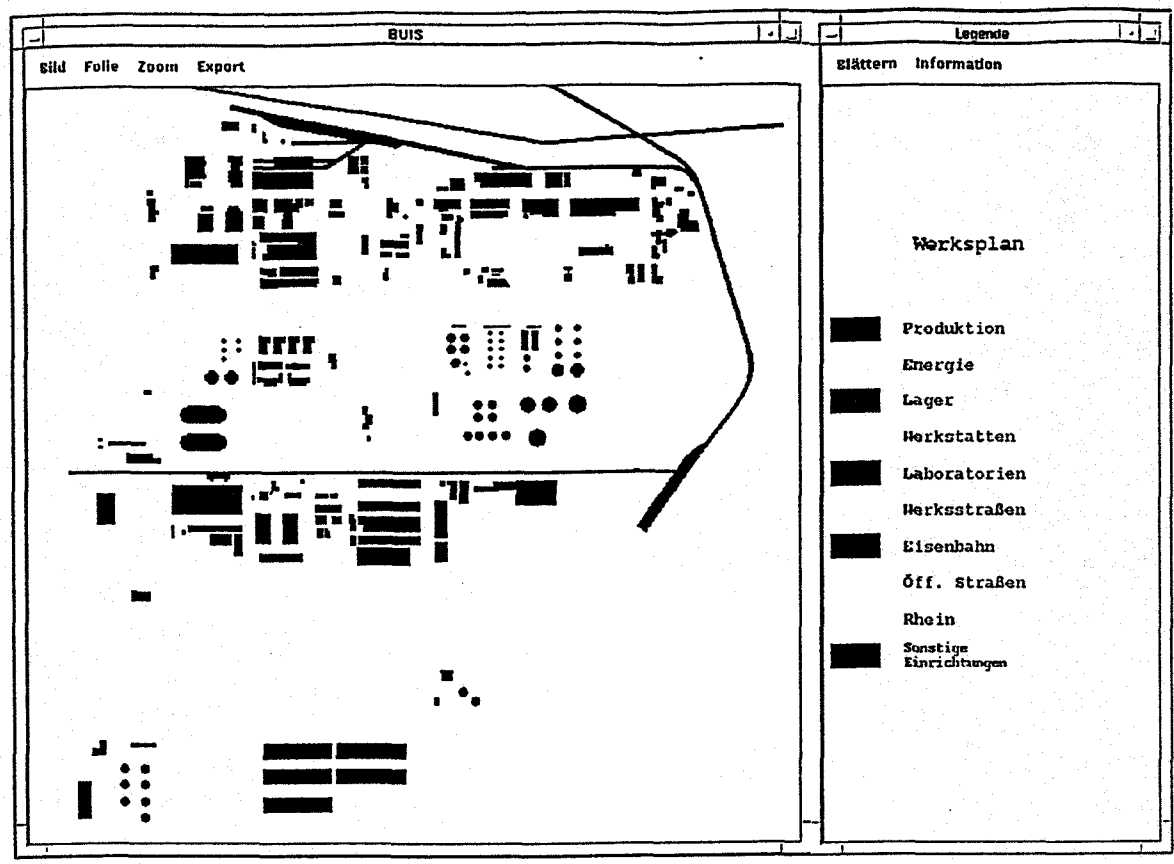

Abbildung 7: Werksplan mit lagerichtig eingetragenen Meßwerten und Legende

Über das Menü und das Navigationsfenster stehen weitere Möglichkeiten zur Verfügung. Dabei erscheinen gegebenenfalls zusätzliche Fenster, in denen z.B. Bilanzen dargestellt werden. Ebenso kann z. B. die Definition neuer Meßstellen im Programm menügesteuert erfolgen. Die dazu benötigten Informationen werden automatisch durch Dialogfenster abgefragt.

Neben der Darstellung der Daten am Bildschirm wird auch die Erstellung von schriftlichen Berichten unterstützt. Dazu gehören z. B. die Jahresberichte von Gewässerschutz-, Immissionsschutz-, Abfall, Störfall-, Strahlenschutz- und Sicherheitsbeauftragten. Diese Funktion leistet BUIS durch das Exportieren von Bildern, Grafiken und Tabellen.

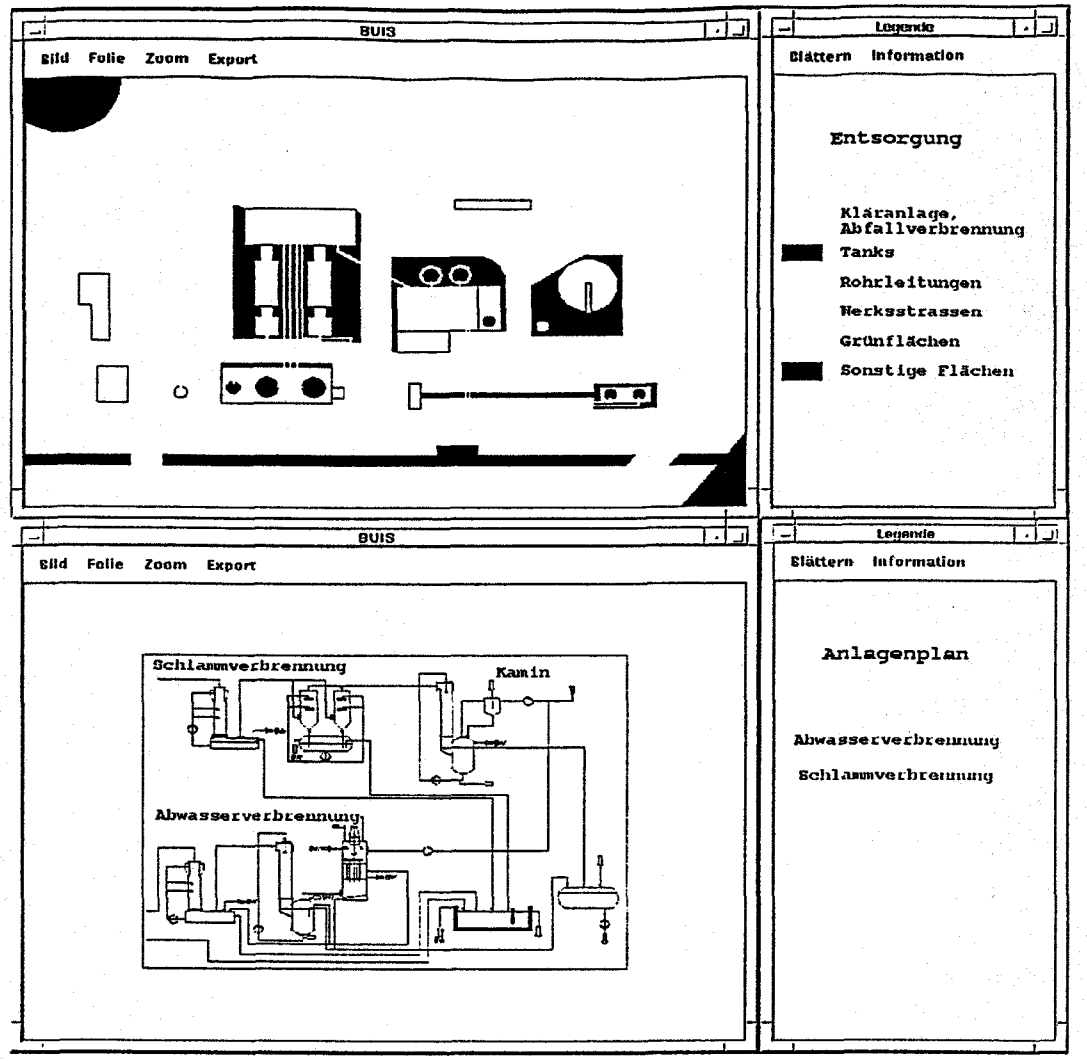

Abbildung 8: Durch Auswahl des Gebietes im Navigations-Fenster oder Anklicken der Anlage im Werksplan wird hier z.B. eine Abfallbehandlungsanlage formatfüllend dargestellt. Die Selektion eines Anlageteils läßt ein Schema des dazugehörenden Verfahrensablaufes in einem weiteren Fenster erscheinen.

4.3 Objekt-orientiertes Informationsmodell

Durch den Einsatz Objekt-orientierter Technologien ist gewährleistet, daß das Informationssystem einfach erweiterbar oder spezialisierbar ist. Die Integration weiterer Datenbanken wird so z.B. reduziert auf die Erweiterung des bestehenden Modells. Aus diesem Ansatz heraus lassen sich Informationssysteme für die unterschiedlichsten Aufgabenbereiche ableiten.

Das Objekt-orientierte Modell besteht aus fünf Typen von Objekten:

- Datenbank-Objekte
  Datenbank-Objekte sind passive Objekte. Sie dienen der Abbildung der Datenbankstrukturen (z.B. Tabellen, Spalten, Zeilen in relativen Datenbanken) in Objekt-orientierte Strukturen (Klassen, Slots, Instanzen). Sie dienen dem Zugriff auf die Datenbanken und der Repräsentation der Inhalte gegenüber den Benutzern.
- Informations-Objekte
  Informations-Objekte sind die aktiven Objekte, die Agenten des Systems. Über diese Objekte wird
  - die Steuerung des generierten Systems abgewickelt (Benutzer-Schnittstelle, Ablauf, Petri-Netze)
  - die Kontrolle gegenüber den Datenbanken implementiert (Konsistenz)
  - Update und Retrieval von Informationen initiiert und
  - die Inhalte der Datenbanken unter Berücksichtigung des Anwenderprofils modelliert (Daten- und Anwendermodellierung).
- Darstellungs-Objekte
  Darstellungs-Objekte spezifizieren die Repräsentationsformen gegenüber dem Benutzer. Inhaltlich richtet sich der Aufbau dieser an den Zuständen und Daten der zu repräsentierenden Objekte aus. Für die Visualisierung kommen Netzwerkeditoren, Tabelleneditoren, Auswahllisten, Formulare, Menues und Mitteilungsfenster zum Einsatz. Die Implementierung dieser Objekte basiert auf OSF/Motif.
- API-Objekte
  API-Objekte (Application Programming Interface) bilden die Schnittstelle zur Integration der Funktionalitäten von Applikationen. Zum einen werden Standard-Objekte zur Kommunikationssteuerung und zum anderen Strukturen zur Ablaufsteuerung bereitgestellt.
- Metadaten-Objekte
  Metadaten-Objekte beschreiben die Strukturen der zu integrierenden Applikationen und Datenbanken sowie das Objekt-orientierte Modell das hierauf aufsetzt. Die Objekte werden mit Hilfe eines Modellierungswerkzeuges erzeugt. Das Werkzeug kann aufgrund der Beschreibung der Objekte direkt Code erzeugen. Zum anderen können diese Objekte zur Laufzeit interpretiert werden, um flexibel auf Änderungen reagieren zu können.

Damit bildet das ausführbare Objekt-orientierte Informationsmodell die Basis für ein breites Spektrum von Applikationen. Durch die umfassende Funktionalität der oben beschriebenen Objekt-Klassen können ausgehend vom Bestand der Datenbanken und Applikationen maßgeschneiderte Systeme konfiguriert werden.

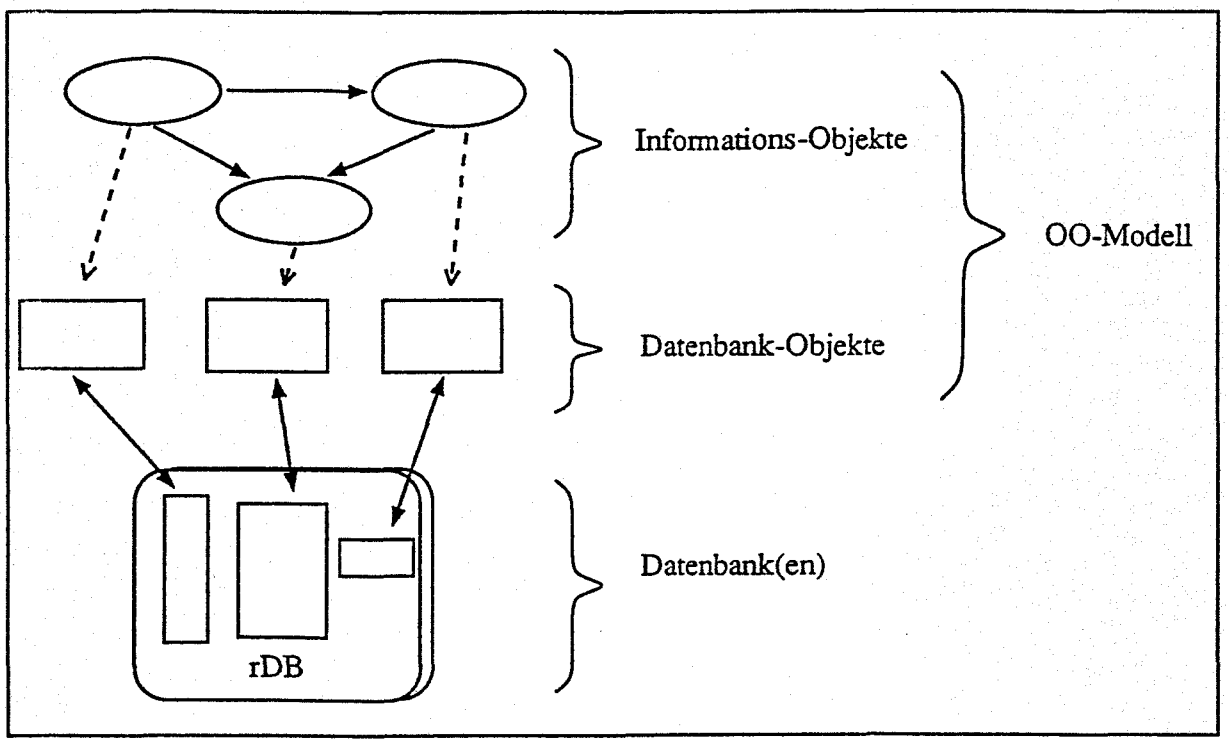

Abbildung 9: Abbildung der Datenbank auf Datenbank- und Informations-Objekte

4.4 Kernel-Library

Die Kernel-Library beinhaltet die wesentlichen allgemeingültigen Definitionen von Datenstrukturen und Funktionen, die für die Erstellung und den Betrieb des BUIS benötigt werden. In seiner Bedeutung für das BUIS ist die Kernel-Library vergleichbar mit der Bedeutung der System-Library für ein Betriebssystem.

Die Kernel-Library ist ebenso wie das Gesamtsystem in Objekt-orientierter Technologie aufgebaut. Sie deckt die Themen und Funktionsbereiche

- Meta-Daten,
- User-Interface,
- Informationsobjekte,
- Datenbankobjekte,
- Relations,
- Selektoren,
- Scheduling

ab.

Interessant in diesem Zusammenhang und wesentlich für die Funktionalität und Flexibilität dieses Informationssystems ist der Bereich der Meta-Daten.

Diese enthalten zum einen ergänzende Informationen zu bestimmten Klassen bzw. Klassen-Attributen, die zu Laufzeit von Objekten benötigt und abge-

fragt werden können, zum anderen ermöglichen die Meta-Daten einen weitaus dynamischeren Aufbau von Instanzen der Klassen "Objekt" und "DB-Objekt", die ansonsten nur durch Spezialisierung dieser Klassen zu erreichen wäre. Darüber hinaus erhalten die Klassen der Meta-Daten-Strukturen die Fähigkeit, ein User-Interface aufzubauen, daß die Änderung der Meta-Daten zur Laufzeit gestattet. Somit lassen sich bestimmte Änderungen an den Instanzen der obengenannten Klassen, die einerseits Schnittstelle des Kernels zum Anwender bzw. anderen Objekten oder Applikationen und andererseits die Schnittstelle zu den Datenbanken repräsentieren, durch den Anwender des Systems zur Laufzeit vornehmen.

Diese Datenstrukturen bilden die Grundlage für die einfache Erstellung, die Flexibilität und die Konfigurierbarkeit des Informationssystems, die auf andere Weise in dieser Form kaum zu erreichen wäre.

4.5 Basis-Komponenten

Typischerweise erfordert BUIS den Betrieb in einer heterogenen DV-Landschaft. Dies betrifft sowohl Datenbanken als auch Applikationen, die auf verschiedenen Rechnern und unterschiedlichen Betriebssystemen eingesetzt werden.

Die Basis-Komponenten erfüllen die grundlegenden Voraussetzungen, die zur Kooperation dieser Komponenten innerhalb eines integrierten Informationssystems notwendig sind.

NAS

Die Integration von BUIS in die heterogene DV-Landschaft des Unternehmens erfolgt vorrangig durch die Verwendung etablierter DV-Standards. Digital nutzt hierfür sein Projekt NAS (Network Applikation Support). NAS schafft eine einheitliche Software-Basis zur Kommunikation und Integration heterogener Datenbestände sowie Hardware- und Software-Komponenten.

NAS nutzt im Bereich der relationalen Datenbanken SQL (Structured Query Language) und für die Benutzeroberfläche OSF/Motif. Für die Kommunikation mit anderen Rechnern und Anwendungen seien als Beispiel X.400, Datex-P, Ethernet-IEEE, TCP/IP und ACAS genannt. Alle Anwendungen, die diese definierten Standards befolgen, sind ohne individuellen Aufwand integrierbar.

SQL

SQL (Structured Query Language) ist die Sprache für den Umgang mit relationalen Datenbanken. Es können Datenbanken eingerichtet, Abhängigkeiten festgelegt und Abfragen getätigt werden. BUIS benutzt für die Kommunikation mit relationalen Datenbanken intern SQL. Wo andere Zugriffs-Sprachen sind, sind diese ebenfalls implementierbar. Diese Unterschiede in den Zugriffsmethoden sind für den Benutzer transparent.

OSF/Motif

Sowohl der Generator als auch die fertige Applikation verwenden die Fenstertechnik (OSF/Motif). Sie sind damit leicht zu bedienen und zeichnen sich durch ihre große Übersichtlichkeit aus. Dadurch ergibt sich gegenüber dem Anwender eine einheitliche Präsentation der Information, unabhängig von deren Herkunft (unterschiedlichen Datenbanken, verschiedene Systeme). OSF/Motif bildet die Grundlage für die Darstellung der Navigation, sowie von Grafiken und Fenstern, die dem Dialog von Programm und Benutzer dienen.

ACAS (Application Control Architecture Services)

Durch die Verwendung von ACAS ist BUIS in der Lage Applikationen, die sich an beliebiger Stelle des Netzwerks befinden können, zu nutzen. Die Benutzer können die gewünschten Applikationen finden, mit ihnen LiveLink-Verbinungen aufnehmen und ihre Funktionen nutzen. Dadurch ist es möglich, aktuelle Informationen zu erhalten. BUIS faßt bestehende Applikationen unter einer Oberfläche zu einem Informationssystem zusammen und nutzt die daraus resultierenden neuen Möglichkeiten.

BUIS erhält somit - über Systemgrenzen hinweg und ohne den Benutzer mit systemspezifischen Details zu belasten - die Möglichkeit

- des Zugriffs und der Manipulation von Daten in den verschiedenen Datenbanken,
- der Benutzung von anderen Anwendungen innerhalb des Netzes,
- des Datenaustausches mit anderen Rechnersystemen innerhalb einer Organisation sowie mit der Außenwelt.

4.6 Werkzeuge

Für die Konfiguration und Pflege des Systems stehen zusätzliche Werkzeuge und Hilfsprogramme zur Verfügung:

- Applikations-Generator
- Regel-Editor

4.6.1 Applikations-Generator

Einen Großteil der Arbeit, die für die Erstellung eines Informationssystems nötig ist, übernimmt der Generator. Er analysiert die bereits bestehenden Datenbanken und erzeugt mit den so gewonnenen Informationen den entsprechenden Programmcode. Dadurch läßt sich sehr effektvoll und schnell das erarbeitete Modell umsetzen und somit die fertige Applikation erzeugen.

Das Prinzip des Generators basiert auf der Umsetzung der Informationen aus relationalen Datenbanken in ein(!) Objekt-orientiertes Datenmodell (siehe Abbildung 9, Seite 104).

In der ersten Stufe werden die Tabellen der Datenbanken und somit deren Daten in (passive) Datenbank-Objekte umgesetzt. Diese dienen der Abbildung der relationalen Datenstrukturen und regeln alle Zugriffsmöglichkeiten (select,

delete, insert, update). Außerdem dienen sie der Darstellung der Inhalte gegenüber den Anwendern.

In der zweiten Stufe werden (aktive) Informations-Objekte generiert. Diese spezifizieren die Zusammenhänge (Relationen) zwischen den Tabellen der Datenbanken und präsentieren sich dem Anwender gegenüber im Navigationsfenster (siehe Abbildung 8, Seite 102).

Da die Bedienung des Generators menügesteuert erfolgt, kann die Erstellung der Applikation beim Kunden selbst, unter Verwendung der detaillierten Dokumentationsunterlagen, durchgeführt werden. Es können aber auch Dienste der Firma Digital in Anspruch genommen werden.

4.6.2 Regel-Editor

Die einem Informationssystem zugrundeliegenden Daten aus verschiedenen Datenbanken entstehen zum großen Teil aus unterlagerten Meßsystemen. Diese Werte können vom Informationssystem abgefragt und dargestellt werden. Für die Verarbeitung von Daten sind Regeln notwendig (z.B. für die Aufstellung von Bilanzen), die sich in die folgenden Bereiche einteilen lassen:

- Bildungs-Regeln
- Plausibilitäts-Regeln,
- Ersatzwert-Regeln.

Zur Definition und Modifikation dieser Regeln dient der Regeleditor. Die Vorschriften für die Berechnungen können sowohl durch ihre Formel, als auch durch graphische Symbole in einem Regel-Editor angezeigt und definiert werden. Es ist möglich Berechnungen für einzelne Werte auch von hier aus durchzuführen.

Regeln sind Berechnungsvorschriften, in denen mittels festgesetzter, mathematischer Operatoren, abgeleitete Werte berechnet werden können. In einer Regel kann auf mehrere Ausgangswerte Bezug genommen werden. Komplexe Regeln können als Makros o.ä. im System gepflegt und verwaltet werden.

Die formale, syntaktische Überprüfung erfolgt bei der Dialogeingabe der Regeln. Darüber hinaus ist die Möglichkeit zur Formulierung von Bedingungen auf der Basis von Ausdrücken vorzusehen, damit innerhalb der Regeln Fallunterscheidungen vorgenommen oder Verstöße gegen die Regeln der Mathematik (z.B. Division durch Null) abgefangen werden können. Sonstige Fehlerzustände werden zur Laufzeit abgefangen.

Bildungs-Regeln:

Dies sind mathematische Ausdrücke, durch die aus existierenden Werten abgeleitete Werte berechnet werden können. Auf diese Weise kann z.B. mit Daten gearbeitet werden, die nicht direkt (z.B. als Ergebnis einer Messung oder als Wert in einer Datenbank) zugreifbar sind. Einfachste Anwendungen sind z.B. die Berechnung von Bilanzpositionen oder von Mittelwerten über bestimmte Zeiträume.

Plausibilitätsregeln:

Plausibilitätsregeln können grundsätzlich für alle Werte (Basiswerte und abgeleitete Werte) definiert werden. Sie dienen zur Überprüfung der Gültigkeit ermittelter Werte und liefern daher nur logische Werte (wahr oder falsch) als Ergebnis. Werte , die dieser Prüfung nicht standhalten, können vom System entsprechend gekennzeichnet werden.

Ersatzwertregeln:

Dies sind Regeln, die in zwei Fällen zur Anwendung gelangen können:

1. Fehlende Werte
   Entweder existiert ein Wert, auf den zugegriffen werden soll, nicht (Ausfall eines Meßgerätes) oder bei der Auswertung der zugehörigen Bildungsregel tritt ein Fehler auf (z.B. Division durch Null).
2. Ungültige Werte
   Der geforderte Wert kann zwar berechnet werden, aber die Plausibilität für diese Meßstelle kennzeichnet den Wert als ungültig.

Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS): Voraussetzung effektiven Umweltmanagements

Dr. Johannes Kramer, IBM Deutschland Informationssysteme GmbH, Zentrum für Umweltinformatik, Frankfurt am Main

Zusammenfassung

Betriebliche Umweltinformationssysteme spielen seit einigen Jahren eine immer größere Rolle in der Diskussion über die für ein effektives und aktives Umweltmanagement benötigten Instrumente. Allerdings gibt es bisher keine allgemein verbindliche Definition des Begriffs BUIS. Zur Abgrenzung gegenüber Umweltinformationssystemen der öffentlichen Verwaltung sollten unter dem Begriff BUIS alle dem unternehmensweiten Umweltmanagement dienenden Informationssysteme zusammengefaßt werden.

Unterschieden werden muß zwischen den theoretischen Anforderungen an ein umfassendes BUIS und den Systemen, die heute bereits realisiert sind und meist nur einen Teil der denkbaren und in Zukunft notwendigen Funktionen umfassen können. Ein Beispiel für ein solches real existierendes BUIS ist das System CHEMS, das für die IBM Werke entwickelt wurde und dort in Kürze zum Einsatz kommen soll.

Ein BUIS wird stets weitgehend individuell konzipiert sein. Zur Minimierung der mit der individuellen Anwendungsentwicklung verbundenen Kosten kann der Einsatz objektorientierter Methoden und CASE-Tools beitragen.

Aufgaben und Funktionen eines BUIS

Das Bewußtsein um die Notwendigkeit des Schutzes der natürlichen Umwelt und der damit verbundene Wertewandel in den Industriegesellschaften haben dazu geführt, daß aktives betriebliches Umweltmanagement nach anfänglicher Zurückhaltung heute von immer mehr Unternehmen betrieben wird. Der Schutz der Umwelt wird immer häufiger explizit in die Unternehmensziele aufgenommen. Zum Teil ergeben sich entsprechende umweltbezogene Ziele auch aus der sozialen Verantwortung der Unternehmen, die sich wiederum häufig auch in den Unternehmenszielen widerspiegelt. Diese sind je nach Branche, Unternehmenskultur usw. durchaus unterschiedlich. Generell gilt jedoch, daß Ökologie und Ökonomie nicht zu einem Zielkonflikt führen müssen, sondern sich gegenseitig ergänzen können. Schließlich geht es auch bei der Verfolgung ökologischer Unternehmensziele insbesondere darum, den langfristigen Bestand des Unternehmens in einem sich wandelnden Umfeld zu sichern.

Viele ökologische Zielsetzungen stehen in enger inhaltlicher Verbindung mit ökonomischen Zielen:

- Nutzung von Marktchancen (durch die Entwicklung neuer, umweltschonender Produkte und durch zeitgemäßes 'ökologisches' Image)
- Reduzierung von Kosten (durch Einsparung von Energie, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Vermeiden von Abfällen, Wiederverwendung und Recycling, optimale Auslastung von Anlagen uvm.)
- Respektierung von Gesetzen, Vorschriften und Auflagen

Die für ein effektives Umweltmanagement benötigten, sehr umfangreichen Daten können praktisch nur durch DV-gestützte Informationssysteme zur Verfügung gestellt werden. Aber auch die benötigten Methoden, die sich sinnvollerweise an etablierten und alltäglich eingesetzten Verfahren orientieren sollten (wie etwa das Öko-Controlling oder eine ökologische Rechnungslegung) sind ohne DV-Unterstützung kaum vorstellbar.

In diesem Zusammenhang hat sich in den letzten Jahren der Begriff Betriebliches Umweltinformationssystem (BUIS) etabliert. Öffentliches Bewußtsein, Anforderungen der Kunden und der Fortschritt der Umweltgesetzgebung werden dazu führen, daß derartige Informationssysteme in Zukunft zum alltäglichen DV-Instrumentarium der Unternehmen gehören werden.

Bisher gibt es für den Begriff BUIS keine allgemeingültige Definition. Eine strenge, detaillierte Definition wird auch kaum möglich sein, da ein BUIS je nach Branche und Unternehmen unterschiedliche Aufgaben unterstützen muß. Es gibt bereits Bestrebungen, den Rahmen dessen abzustecken, was ein BUIS umfassen kann (oder muß), um zu einer einheitlicheren Sprachregelung zu gelangen. Derzeit ist bei Verwendung der Bezeichnung BUIS (oder Betriebliches Umweltinformationssystem) allerdings eine gewisse Vorsicht angebracht - denn es werden damit durchaus unterschiedliche Assoziationen verbunden.

Üblich ist im Allgemeinen die Unterscheidung zwischen Umweltinformationssystemen in der öffentlichen Verwaltung (kommunal oder landesweit) einerseits und privatwirtschaftlichen (betrieblichen) Umweltinformationssystemen andererseits. Bei letzteren wird oft primär an Informationssysteme im Bereich der industriellen Produktion gedacht. Jedoch gibt es Bedarf an solchen Systemen auch in anderen Branchen (Handel, Kreditwesen, Transport etc.). Eine weitere begriffliche Differenzierung zwischen Umweltinformationssystemen für einzelne Branchen erscheint nicht sinnvoll.

Notwendig allerdings ist eine Unterscheidung zwischen den theoretischen Anforderungen an Umfang, Inhalt und Funktionen eines BUIS und den heute schon realisierten Systemen, die nur einen Teil der theoretisch denkbaren oder wünschenswerten Funktionen abdecken und daher eigentlich eher als Kern eines (vielleicht gerade entstehenden) BUIS angesehen werden sollten.

Unter dem Begriff BUIS können alle dem unternehmensweiten Umweltmanagement dienende Informationssysteme zusammengefaßt werden, wenn diese einige von Informationssystemen ganz allgemein zu fordernde Eigenschaften besitzen:

- Einheitlichkeit (der Benutzerschnittstellen, der Daten- und Prozeßmodelle usf)
- Vollständigkeit (der Daten und Methoden)
- Nachvollziehbarkeit (Dokumentation)
- Integration vorhandener Teillösungen sowie der bereits eingesetzten Systeme mit inhaltlichen Berührungspunkten
- unternehmensweiter Einsatz
- medienübergreifender Einsatz
- Wirtschaftlichkeit
- Benutzerfreundlichkeit
- Sicherstellung von Datenschutz, -integrität, -sicherheit
- Einhaltung von Standards (allgemein anerkannte Industriestandards, Vorschläge von ISO, OSF, CORBA uvm.)

Eine ganze Reihe von Funktionen bzw. Aufgaben eines BUIS sind bereits bei vielen Unternehmen durch DV unterstützt. Dabei spielt zunehmend nicht nur individuell entwickelte Software eine Rolle: das Angebot an Einzellösungen für Umweltschutzbelange ist inzwischen durchaus unübersichtlich. Zu den umweltbezogenen Aufgaben, die in vielen Unternehmen bereits mit DV-Unterstützung angegangen werden, zählen insbesondere:

- Anlagenüberwachung und -wartung
- Abluft- und Abwasserüberwachung (einschließlich Berichte an Behörden)
- Abfall- und Reststoffmanagement (einschließlich Begleitscheine)
- Laborautomation und -Management
- Bereitstellung von Stoffdaten
- Chemikalien-/Gefahrstoffmanagement (einschließlich Sicherheitsdatenblätter)

Seltener anzutreffen sind DV-Systeme für die Aufgaben:

- Erstellen, Prüfen, Ausführen von Notfallplänen
- Genehmigungsverfahren
- Arbeitssicherheit und Arbeitsschutz

Weitere Funktionsbereiche sind zwar insbesondere in Zukunft für ein BUIS unverzichtbar, aber heute noch nicht oder bestenfalls in Form von Entwicklungsprototypen durch DV unterstützt. Dazu zählen:

- Öko-Controlling (einschließlich Öko-Audit und Öko-Bilanzierung)
- ökologische Logistik
- Bewertungen, Risikoanalysen
- Umweltverträglichkeitsprüfungen
- Simulation und Prognose

Entsprechende DV-Werkzeuge können u.a. auch deshalb noch nicht vorliegen, weil das benötigte methodische Instrumentarium für das Umweltmanagement sowie einheitliche (z.B. gesetzliche) Vorgaben und Ziele zum Teil noch

diskutiert und entwickelt werden müssen. Bei Simulation und Prognose muß davon ausgegangen werden, daß hier auf absehbare Zeit durch das technisch und wirtschaftlich Machbare die Entwicklung wünschenswerter Systeme begrenzt wird. Es gibt zwar inzwischen hoch entwickelte Methoden etwa zur Berechnung von Schadstoffausbreitungen und -wirkungen in Boden, Wasser und Luft. Jedoch werden Simulation und Prognose des Verhaltens komplexer ökologischer (und ökonomischer) Systeme in der nächsten Zukunft weiterhin Gegenstand der Grundlagenforschung sein und im betrieblichen Alltag zunächst kaum eine Rolle spielen.

Ein Fernziel der Software-Entwicklung sind aber weiterhin Systeme, die die Prognose der Auswirkungen unternehmerischer Entscheidungen auf alle Bereiche des Unternehmens unterstützen; z.B. die Vorhersage der Konsequenzen einer Substitution unerwünschter Stoffe von der Entwicklung über Produktion, Verpackung und Transport bis hin zum Marketing (z.B. Akzeptanz beim Kunden bei veränderten Produkteigenschaften).

Bei der praktischen Realisierung eines BUIS sind zunächst - ausgehend von den Unternehmenszielen - der Bedarf und die Möglichkeiten der DV-Unterstützung zu evaluieren. Im nächsten Schritt kann dann z.B. festgelegt werden, welche der im Unternehmen eventuell bereits vorhandenen DV-Lösungen für den Umweltschutz in das zukünftige BUIS integriert werden können, welche Funktionen aus anderen Umgebungen übertragen werden können und wo individuell Anwendungen entwickelt oder angepaßt werden müssen.

Da die Ziele des betrieblichen Umweltschutzes von Branche zu Branche (oft auch von Betrieb zu Betrieb) unterschiedlich sein müssen, wird es eine übergreifende Einheitlichkeit der Ziele und Methoden aber auch in Zukunft nicht geben. Dementsprechend muß auch der konkrete Funktionsumfang eines BUIS von Fall zu Fall neu und individuell festgelegt werden.

Noch vielfältiger als die mit einem BUIS zu unterstützenden Ziele und Methoden sind die Quellen, die als Datenbasis für das Umweltmanagement (und damit ein BUIS) dienen müssen.

Sofern in einem Unternehmen ein CIM (Computer Integrated Manufacturing) Architektur im Einsatz sind, kann oft davon ausgegangen werden, daß viele für das BUIS benötigte Daten bereits in digitalisierter Form vorliegen. Im Idealfall sind die Informationen z.B. über Rohstoff- und Energieeinsatz bereits auf Prozeß- und Produktebene vorhanden. Die entsprechenden Daten werden ja häufig bereits erfaßt - etwa für die Produktionsplanung oder das betriebliche Rechnungswesen. Allerdings geschieht dies bisher kaum unter Umweltgesichtspunkten. Hier erfordert effektives Umweltmanagement entsprechende Änderungen der Methodik und der eingesetzten Software. Insbesondere Informationen über anfallende Emissionen oder Abfälle (jeweils Art und Menge) können nur nach Modifikation vorhandener Systeme erfaßt werden. Wenn diese Daten dann z.B. in einem PPS (Produktionsplanungssystem) vorhanden sind, müssen 'nur noch' entsprechende Schnittstellen zwischen PPS und BUIS realisiert werden. Dort wo dies möglich ist, kann das BUIS zu einer Komponente des CIM Systems werden. Dies ist aber keinesfalls eine triviale Aufgabe, da es für die Produktionsplanung und -steuerung ebenso wie für die betriebliche Rechnungslegung viele unterschiedliche DV-Lösungen gibt, so daß es auch für diese Problematik keine Standardlösung geben kann.

Natürlich muß ein BUIS auch die Unternehmensbereiche umfassen, die nicht zur Produktion zählen: z.B. Verwaltung, Vertrieb oder Einkauf.

Darüber hinaus wird aktives Umweltmanagement gerade auch von Unternehmen betrieben, bei denen Produktionsprozesse gar keine Rolle spielen: im Handel, im Transportwesen oder bei Banken und Versicherungen.

In diesem Umfeld muß Erfassung der umweltrelevanten Daten ganz anders realisiert werden als in der Produktion - z.B. durch Einbindung entsprechend modifizierter Warenwirtschaftssysteme. Da ein Betriebliches Umweltinformationssystem je nach der vorgegebenen Systemumgebung und der jeweiligen betrieblichen Zielsetzung ganz unterschiedlich konzipiert sein muß, kann es ein BUIS nicht als fertig konfektionierte Anwendungssoftware geben.

Bei der individuellen Anwendungsentwicklung ist es in den meisten Fällen empfehlenswert, die Realisierung in Teilschritten zeitlich gestaffelt anzugehen, was durch eine modulare Konzeption des Systems erheblich vereinfacht wird. Idealerweise sollten wesentliche Systemkomponenten fertig aus einem 'Baukastensystem' entnommen werden können, um vollständige Neuentwicklungen zu vermeiden - auch die geringeren Kosten sprechen für ein modulares Konzept.

Ein Beispiel aus der Praxis: das BUIS der IBM Werke

Das Thema BUIS wurde von IBM zunächst aus eigenem Bedarf heraus in den Produktionsstätten angegangen. Im Rahmen des betrieblichen Umweltmanagements waren zunächst DV-Lösungen für einzelne Aufgaben des Umweltschutzes realisiert und eingesetzt worden. Die Erfahrungen mit diesen Einzellösungen fanden Eingang in Pläne für einheitliches, umfassendes Informationssystem für den betrieblichen Umweltschutz.

Dazu initiierte die IBM 1990 ein Projekt zur Erstellung eines integrierten Prozeß- und Datenmodells unter dem Namen CHEMS (Chemical Health and Safety Environmental Management System). Aus diesem Projekt ging inzwischen ein Umweltinformationssystem hervor, das in Kürze weltweit in den IBM Werken eingesetzt werden kann.

CHEMS ist ein modulares Daten-Management-System, das die umweltrelevanten Daten auf einer einheitlichen Plattform mit einheitlicher Benutzeroberfläche bereitstellt. Es erhöht die Produktivität bei der Terminverfolgung, bei Planung und Durchführung von Aktionen, bei Verwaltung und Recherche. Lokale Anwendungen werden durch entsprechende Schnittstellen unterstützt (Client-Server-Prinzip).

Die wichtigsten Funktionen der Module von CHEMS in Stichworten:

- Chemical Information Management: Bereitstellung und Verwaltung von Informationen über Gesetze und Vorschriften sowie über Materialien (Reinstoffe, Gemische, Abfälle etc.) z.B. für Sicherheitsdatenblätter
- Chemical Administration: Authorisierung von Beschaffung, Nutzung und Entsorgung von Substanzen, Verwaltung von Material und Behältern; Informationen über Gesetze und Vorschriften bezüglich Lagerung und Transport
- Environmental Impact Assessment (EIA): betriebsinterne Umweltverträglichkeitsprüfung für Produkte und Prozesse
- Environmental Data: Abfallmanagement wie Recycling, Wiederverwendung oder Entsorgung; Bilanzierung von Stoffmengen und Stoffflüssen; Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten
- Health and Safety: Arbeitsplatz und Tätigkeitsbeschreibung (z.B.: verwendete Stoffe, besondere Belastungen, Ergonomie); Unterstützung für betriebsärztlichen Dienst; Identifikation potentieller Gefahrenquellen
- Compliance: Management und Dokumentation von Audits, Überwachung der Respektierung von Vorschriften, Grenzwerten und Auflagen (Störfallmanagement), Erstellen von Berichten (z.B. Umweltbericht)
- CHEMS Effectiveness: Nutzen und Nutzung von CHEMS, Verbesserung umweltbezogener Geschäftsprozesse

Die in diesem Projekt entwickelte Software ist natürlich angepaßt an den Bedarf und die Systemumgebungen der IBM Werke. Für weitere BUIS-Projekte (mit Partnern und/oder Kunden) kann aber auf Erfahrungen, Datenmodelle, Prozeßmodelle und ggfs. Softwarekomponenten von CHEMS zurückgegriffen werden. Unter Berücksichtigung von Bedarf und Anforderungen des Auftraggebers können auf dieser Basis individuelle Lösungen entstehen, ohne komplette - und damit kostspielige - Neuentwicklung.

Auf dem Weg zur Objektorientierung

Die Vorteile modular aufgebauter Informationssysteme können bei Einsatz objektorientierter Techniken der Softwareentwicklung besonders gut genutzt werden. Dabei entstehen sehr viele, relativ kleine Softwaremodule, die als Bausteine bei der Entwicklung weiterer Systeme verwendet werden können. So lassen sich im Idealfall die Vorteile der individuellen Anwendungsentwicklung mit den Vorteilen des Einsatzes bereits fertiger Software verbinden.

Nicht zuletzt lassen sich die komplexen Zusammenhänge in ökologischen Systemen mit Hilfe der Objektorientierung besser abbilden als mit den Methoden der klassischen Programmierung und mit klassischen (relationalen) Datenbanken.

IBM hat 1992 ein Projekt gestartet, das eine europaweit einheitliche Entwicklungsplattform für Anwendungen im Umweltbereich zum Ziel hat. Wesentliches Ziel des Projektes ist, bei zukünftigen Entwicklungen Insellösungen ebenso wie Mehrfachentwicklungen zu vermeiden und die Kosten sowie die Entwicklungsdauer von Umweltanwendungen zu minimieren. Dabei hat man sich frühzeitig auf den Einsatz objektorientierter Technologien geeinigt.

Die Entwicklung der für den Umweltschutz - z.B. für Umweltinformationssysteme - benötigten Softwaremodule ist in enger Zusammenarbeit mit den späteren Anwendern geplant. Besondere Schwerpunkte werden die Aufgabenbereiche Luftreinhaltung, Wasser und Abwasser, Abfall, Boden und Energieeinsparung sein. Natürlich fließen hier auch die Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt CHEMS ein.

In diesen Zusammenhang hat auch die Entwicklung von DV-Systemen zur Unterstützung von Umweltverträglichkeitsprüfungen einen hohen Stellenwert. Das System EXCEPT ist ein Expertensystem für Umweltbewertungen. Es stellt Methoden- und Faktenwissen für die Umweltverträglichkeitsprüfung zur Verfügung, erlaubt die Erweiterung und Änderung der Wissensbasen, erklärt bei Bedarf die Methoden und Ergebnisse und dokumentiert die durchgeführte UVP. Derzeit ist EXCEPT Gegenstand einer umfangreichen Kooperation zwischen der IBM Deutschland Informationssysteme GmbH und der Landeshauptstadt Hannover. Die dabei entstehende Software unterstützt die UVP in der kommunalen Bauleitplanung.

Je nach Wissensbasis kann EXCEPT für verschiedenste Arten der UVP oder Bewertungen aller Art eingesetzt werden, z.B. für

- Anlagen-UVP
- Produkt-UVP
- Beschaffungs-UVP
- Risikoanalysen

Diese und ähnliche Aufgaben werden in Zukunft selbstverständlich durch Betriebliche Umweltinformationssysteme unterstützt werden müssen.

Die im Rahmen der erwähnten Projekte entstehenden Softwaremodule (bzw. Objekte und Objektklassen) sollen in Form eines 'Baukastensystems' für künftige Realisierungen individueller Umweltanwendungen und Umweltinformationssysteme zur Verfügung stehen. Der mögliche Umfang eines solchen Baukastensystems dürfte sich durch die angestrebte Realisierung von Standards für die objektorientierte Softwareentwicklung (CORBA) deutlich vergrößern. Damit sollen die von der Objektorientierung in der Softwareentwicklung allgemein erwarteten Vorzüge genutzt werden: insbesondere die Reduzierung der Entwicklungskosten und -zeiten für weitgehend individuelle Lösungen, wie sie etwa ein BUIS darstellt.

Konzeption von Informationssystemen für den betrieblichen Umweltschutz

Christoph Roenick, PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbh, Bereich Umweltinformationssysteme, Velbert
Dr. René Treibert, PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbh, Bereich Umweltinformationssysteme, Velbert

1. Einleitung

Der hohe Stand der Technologisierung in der westlichen Industriegesellschaft und die daraus resultierende Zunahme von komplexen Produktionsverfahren führen zu einer Vielzahl von neuen Stoffen, Stoffgemischen und Zubereitungen, die in Verkehr gebracht und gehandhabt werden. Zugleich nimmt auch die Sensitivität der Meßmethoden zur Ermittlung der Wirkungen dieser Stoffe, Stoffgemische und Zubereitungen auf den Menschen und seine Umwelt zu. Diese Entwicklungen spiegeln sich auch in der entsprechende Gesetzgebung wieder, wie z.B. die Novellierung der Störfallverordnung vom 20.September 1991 oder die für 1993 geplante Novelle des Chemikaliengesetzes zeigt. Die effiziente Bearbeitung der daraus resultierenden Aufgaben erfordert eine integrale Betrachtungsweise der Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen Anlagen, Stoffen und gesetzlichen Regelungen, wie in Abbildung 1 dargestellt.

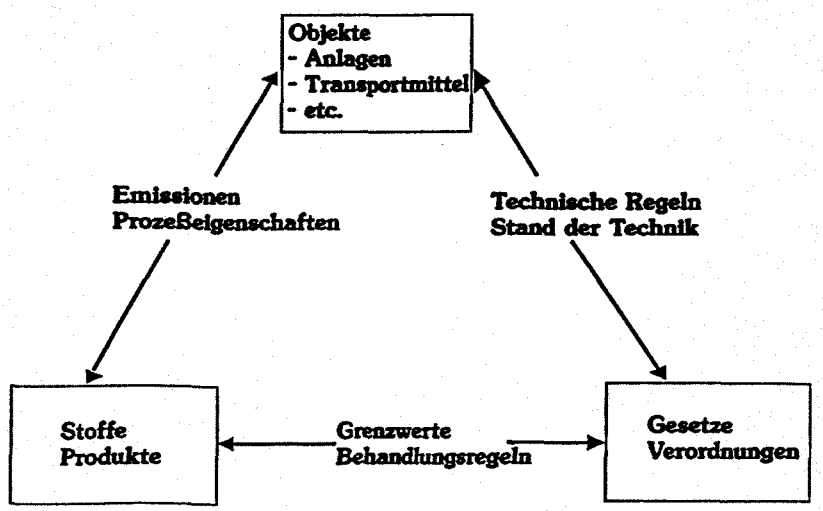

Abbildung 1: Wechselwirkungen zwischen Anlagen, Stoffen und Gesetzen

Die Entwicklungen im Umweltschutz nehmen sowohl in der Vielfalt und dem Umfang spezieller Anforderungen als auch in der Komplexität übergreifender integrierter Aufgabenstellungen zu, wie z.B. im Bereich der Anlagensicherheit oder der Emissionsüberwachung. Daraus lassen sich unterschiedliche Aufgaben für die Unternehmen und für die zuständigen überwachenden Behörden ableiten, die durch den Einsatz der Informationstechnik effizient unterstützt werden können. Um die Vielzahl der notwendigen Daten, wie z.B.

Meßwerte oder Informationen über Stoffe geeignet zu erfassen, zu verarbeiten und auch zu bewerten ist der Einsatz von EDV unabdingbar.

Für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen wird in der Zukunft die Integration der verschiedenen Systeme (zentrale, dezentrale, Insellösungen) auch für umwelt- und sicherheitstechnich relevante Fragestellungen in Analogie zu computer-integrated-manufactoring-Lösungen (CIM-Lösungen) zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Ebenso werden für den Vollzug der Umweltgesetze durch die zuständigen Behörden und als Grundlage für politische Entscheidungen im öffentlichen Bereich dort übergreifende verteilte Informationssysteme aufgebaut.

2. Inhaltliche Anforderungen

Die sicherheitstechnischen und umweltrelevanten Anforderungen an den Unternehmer lassen sich differenzieren nach operationalen Aufgaben, Aufgaben der Umweltschutzbeauftragten und übergeordneten Aufgaben für unternehmerische Entscheidungen.

Operationale Aufgaben

Operationale Aufgaben werden auf der Sachbearbeiterebene bearbeitet. Es sind dieses z.B. die täglichen Aufgaben in einem Reststoffverwertungs- und Abfallentsorgungszentrum eines Unternehmens, wie z.B. die Annahme, Probennahme und Probenverwaltung, Wägung, Einlagerung, Klassifizierung, Transport und Behandlung bzw. Entsorgung der Reststoffe und Abfallstoffe. Im Bereich des Immissionsschutz stellen die Probenahme und Wartungsarbeiten weitere regelmäßig durchzuführende Aufgaben dar. Der Gesetzgeber schreibt die Aufzeichnungen über die Erfüllung solcher Aufgaben in der Regel in der Form von Betriebstagebüchern vor. Der hierbei entstehende Dokumentations- und Verwaltungsaufwand kann beträchtlich sein, wie das Beispiel des Entsorgungsnachweis- und Begleitscheinverfahrens zeigt. Die Bearbeitung der gesetzlich vorgeschriebenen Dokumentationen, Genehmigungsunterlagen, Transportpapiere etc. obliegt spiegelbildlich sowohl den Unternehmen als auch den Überwachungsbehörden. Insbesondere zeigt sich bei den Behörden ein deutliches Vollzugsdefizit bei der Überprüfung der geforderten Unterlagen.

Aufgaben der Umweltschutzbeauftragten

Für den technischen Bereich der innerbetrieblichen Überwachung schreibt der Gesetzgeber die Bestellung von Umweltschutzbeauftragten vor. Es handelt sich hierbei u.a. um den Gewässerschutzbeauftragten (§ 21 des WHG), den Immissionsschutzbeauftragten (§§ 53 und 54 des BImSchG), den Störfallbeauftragten (§ 58 BImSchG), den Abfallbeauftragten (§ 21aff) und den Strahlenschutzbeauftragten (§29 StrSchV). Deren Rechte und Pflichten sind in den entsprechenden Gesetzen genau festgelegt. Die Umweltschutzbeauftragten beraten die Betreiber der Anlagen in Angelegenheiten, die für die Sicherheit der Anlage und für den Schutz vor schädlichen Einwirkungen der Umwelt notwendig sind. Darüber hinaus erstatten sie dem Betreiber der Anlage einen jährlichen Bericht über getroffene und beabsichtigte Maßnahmen, die dazu geeignet sind.

Übergeordnete Maßnahmen für unternehmerische Entscheidungen

In Abbildung 2 ist der Betrieb aus einer übergeordneten Sicht dargestellt. Für unternehmerische Entscheidungen beispielsweise der Investitionsplanung oder der Erarbeitung umweltrelevanter Zielvorgaben für das Unternehmen ist die Zusammenführung unterschiedlicher Daten aus den in der Abbildung genannten Themenbereichen notwendig. Die dazu notwendige mehrdimensionale Betrachtung des Unternehmens erfordert einerseits die übersichtliche Darstellung kumulierter Umweltdaten - z.B. Abfallmengenströme und -flüsse - und andererseits die Berücksichtigung einer Vielzahl weiterer Informationen, die z.B. bei der Beurteilung der Gesamtumweltrelevanz einer Anlage herangezogen werden müssen. Gelingt das, so können wichtige Freiräume durch diese innerbetriebliche, eigenverantwortliche Überwachung gewonnen werden.

Dies bedeutet auch, daß neben der behördlichen Überwachung Raum für Eigeninitiativen vorhanden ist, d.h., daß nicht versucht wird, alle erkennbaren Fragestellungen durch Gesetze regeln zu lassen.

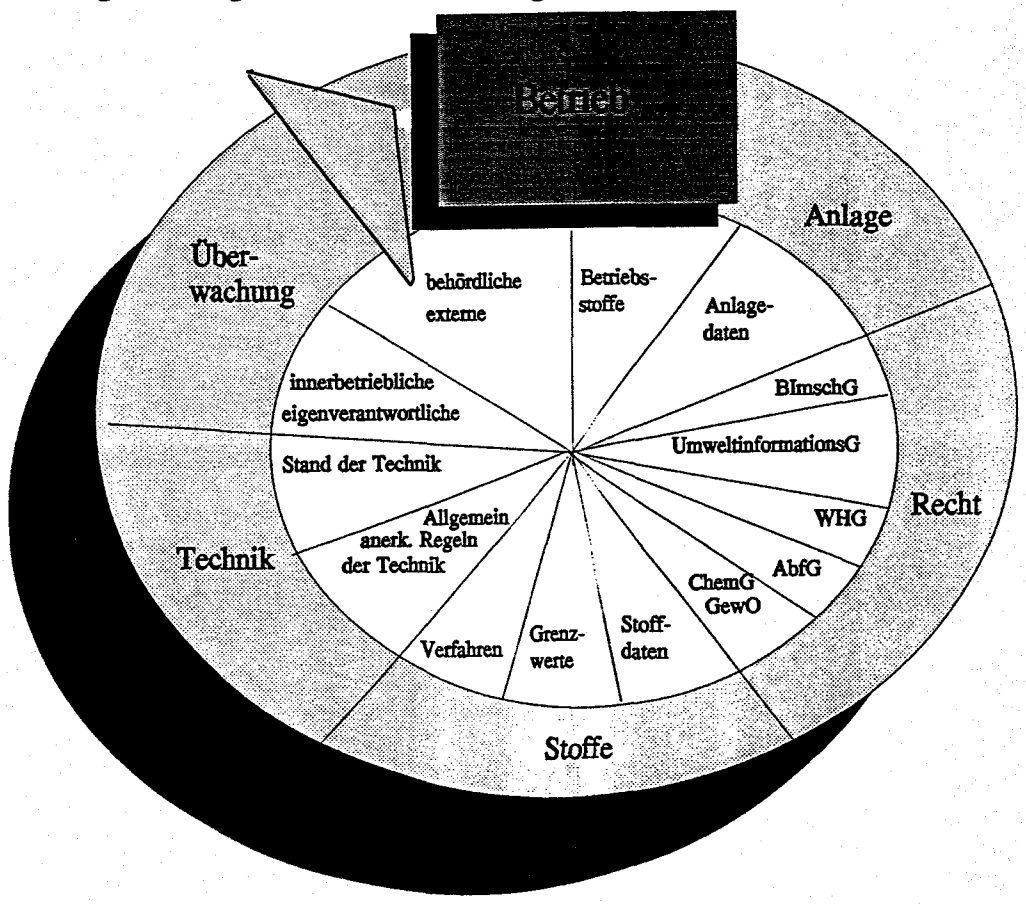

Abbildung 2: Ganzheitliche Sicht auf den Betrieb

3. Nutzer der Informationssysteme für Umweltschutz

Die umfangreichen Anforderungen führen zu einem Bedarf an Informationssystemen im Bereich Umweltschutz und Sicherheitstechnik. Dieser liegt bei den unterschiedlichsten Unternehmen und Institutionen auf verschiedenen Ebenen vor. Genannt werden können:

- Behörden: Umweltministerien
  nachgelagerte Landesanstalten
  Gewerbeaufsichtsämter
- Industrie: Kleine Unternehmen, Gewerbe
  Mittelständische Unternehmen
  Großunternehmen: Fachabteilungen, Umweltbeauftragte, Entscheidungsträger

Dabei werden die oben aufgeführten Aufgaben bzw. Anforderungen nicht von allen Nutzern in der gesamten Breite benötigt.

Für einige Aufgabenstellungen und Nutzergruppen werden bereits DV-Lösungen angeboten. Einerseits handelt es sich um in individuellen Projekten für das einzelne Unternehmen oder die entsprechende Verwaltung entwickelte Systeme. Diese werden entweder durch eigenes Personal oder durch Dritte im Auftrag erstellt. Es sind hier sowohl große integrierte Systeme für die Entscheidungsebene, als auch kleine Systeme zur Unterstützung der täglichen Arbeiten zu finden. Die Kosten und die internen personellen Aufwendungen für die Einrichtung und den Betrieb solcher Systeme können in beiden Fällen beträchtlich sein. Andererseits existieren auf dem Markt kleinere, in der Regel PC-basierte Programme, die meistens für eine isolierte Aufgabenstellung innerhalb eines ausgesuchten Anwendungsgebietes liegen.

Neben den angebotenen Standardlösungen, die in die bestehende DV-Landschaft zu integrieren sind, besteht ein großer Bedarf an Informationssystemen, die unter technisch machbaren und damit auch wirtschaftlichen Bedingungen erweiterbar und pflegbar sind. Erweiterbar z.B. im Falle eines geänderten gesetzlich vorgeschriebenen Formulars oder bei Inkrafttreten einer neuen Verordnung oder bei Einführung neuer Organisationsstrukturen im Unternehmen.

4. Technische Rahmenbedingungen

Bei der Konzeption von Informationssystemen sind neben den inhaltlichen Anforderungen technische Randbedingungen zu berücksichtigen. Diese betreffen die vorgegebene Organisationsstruktur und die vorhandene Hard- und Software-Ausstattung des Unternehmens bzw. der Verwaltung sowie die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Informationstechnik.

Vorgegebene Organisationsstruktur

Durch die Organisationsstruktur des Unternehmens werden die Aufgaben, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Organisation festgelegt. Das betrifft u. a. auch die Aufgaben des Umweltschutzes und der Sicherheitstechnik.

Für die Verantwortlichen des Unternehmens ist z.B. das Umwelthaftungsgesetz vom 10. Dez. 1990 oder §52a des BImSchG, der eine Mitteilungspflicht zur Betriebsorganisation vorschreibt, von Bedeutung. So ist z.B. eine Unternehmensorganisation mit der Linie Vorstand, Geschäftsbereichsleitung, Werkleitung und Betriebsleitungen und den Stäben "Unternehmensbeauftragter Immissionsschutz", der vom Vorstand delegiert ist und diesem berichten

muß, und "Werkbeauftragter Immissionsschutz", der von der Werkleitung delegiert ist und dieser berichten muß, denkbar.

Eine wesentliche Rolle bei der Nutzung von Informationssystemen kommt den Rechenzentren in ihrer Rolle als Datenverwalter, Systempfleger und Nutzungsberater zu.

Vorhandene Hardware und Software

Die innerhalb der Organisation vorhandene Hard- und Software setzt wesentliche Randbedingungen. Zu klären sind neben vielen weiteren Fragen die folgenden beispielhaft aufgeführten:

Welche Rechner sind wo vorhanden? Zum Beispiel könnte das Rechenzentrum Großrechner und mehrere Workstations betreiben. In den Fachabteilungen könnten eine große Anzahl von Terminals mit Anschlüssen an den Host und eine Vielzahl von Personal Computern genutzt werden.

Welche Applikationen liegen wo? Zum Beispiel könnten auf den Großrechnern kaufmännischen Programme ablaufen. Ferner würden dort in der Regel PPS-Systeme vorgehalten. Daneben könnte dort eine zentrale Datenbank für Gefahrstoffe vorgehalten werden. In dem Unternehmensbereich, der zuständig für Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG ist, könnten selbst entwikkelte Programme auf PC-Basis verwendet werden.

Welche Teile der Applikations-Software beinhalten umweltrelevante Informationen?

Wie sieht die Vernetzung der Hardware innerhalb der Organisation aus? Zum Beispiel könnten für die Bürokommunikation in den meisten Abteilungen der Organisation lokale Netze betrieben werden, die jedoch alle die gleiche Standard-Software für Textverarbeitung usw. einsetzen würden. In einigen Fachabteilungen könnten lokale Netze für spezielle fachliche Aufgabenstellungen, wie zum Beispiel ein Laborinformations-System (LIMS), betrieben werden.

Zukünftige Entwicklungen in der Informationstechnologie

Integrierte Umweltinformationssysteme sind schrittweise einzurichten bzw. aufzubauen. Dabei werden verschiedene Hardware- und Softwarekomponenten zu berücksichtigen sein. Diese sollten auf definierten Benutzer-, Daten-, System- und Hardware-/Software-Schnittstellen basieren, d.h. es sollten Komponenten mit Anschlußmöglichkeiten an andere gängige Komponenten verwendet werden. Erst dann spricht man von offenen Systemen. Durch den Einsatz offener Systeme kann Herstellerabhängigkeit vermieden werden. Alle Hardwarehersteller bieten heute offene Systeme an. Stellvertretend werden hier die von IBM mit dem Konzept der Systemanwendungsarchitektur (SAA) und von DEC mit dem Konzept des Network Application Support (NAS) genannt.

5. Konzeption eines Informationssystems

Bei der Einrichtung eines integrierten Informationssystems für Umweltschutz und Sicherheitstechnik ist die Nutzung bereits bestehender CIM-Funktionen vorzusehen. In Abbildung 3 sind typische CIM-Funktionen, wie Betriebsdatenerfassung (BDE), Produktionsplanung und- steuerung (PPS), Prozeß-Leitsysteme (PLS), Materialwirtschaft und Logistik (MAT/LOG), Qualitätssicherung und Laborsysteme (QS/Labor) und Instandhaltung aufgeführt. Viele der hierbei vorhandenen Daten und Funktionen sind auch für Fragen der Sicherheitstechnik und des Umweltschutzes von Bedeutung, da sie häufig auf gleiche Grunddaten wie Rezepturen, Stoffinformationen und Betriebsstätten Bezug nehmen.

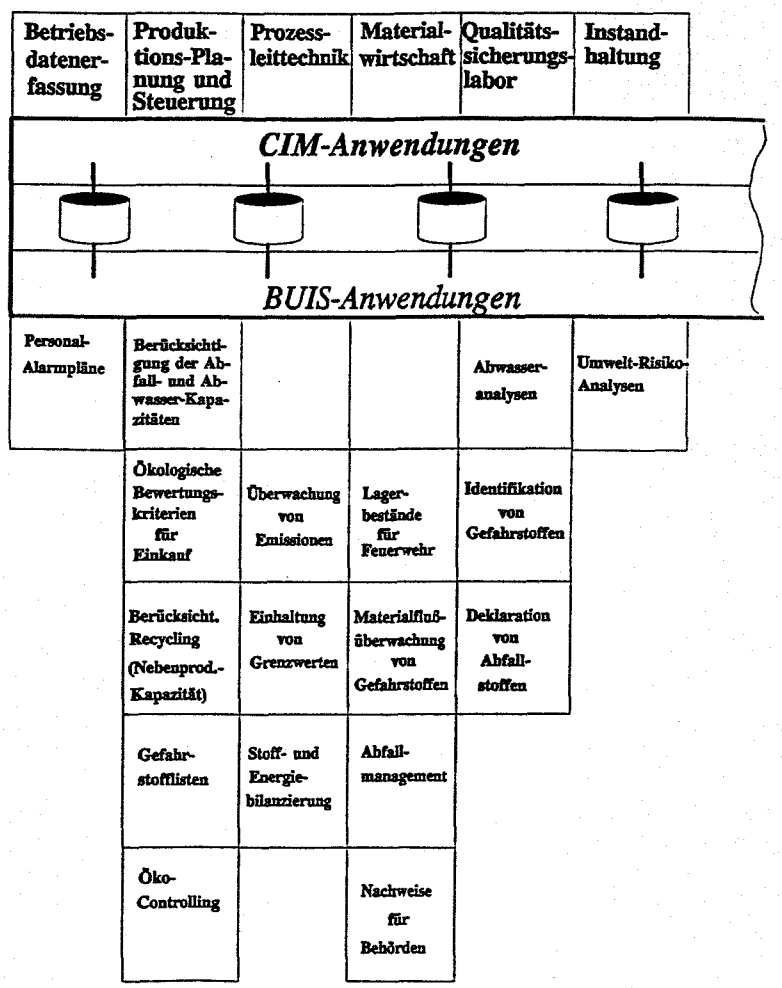

Abbildung 3: Gemeinsame Basis von CIM- und BUIS-Anwendungen

Der Aufbau eines integrierten Umweltinformationssystem wird sich in mehreren Stufen vollziehen. Dabei ist der Einsatz offener Systeme von Vorteil, um über standardisierte DV-Komponenten und -Schnittstellen Zugriffe auf bestehende Funktionen und Daten zu ermöglichen. Die Zugriffe werden nach festgelegten Kriterien zu regeln sein. In Abbildung 4 werden wesentliche Bestandteile offener Systeme für die Konzeption von Umweltinformationssystemen erläutert.

Im Bereich der Hardware sind Rechner vorzusehen, auf denen das Betriebssystem UNIX läuft und auf denen in den Programmiersprachen C++ bzw. C erstellte Applikationen nutzbar sind.

Im Bereich der Datenbanken sind Schnittstellen zu Textretrievalsystemen wie zum Beispiel TRIP, zu relationalen Datenbankverwaltungssystemen wie zum Beispiel ORACLE und zu Großrechnerdatenbanksystemen (IMS) zu schaffen. Die Nutzung der Datenbankabfragesprache "structured query language" (SQL) bei relationalen Datenbanken ist eine Voraussetzung.

Im Bereich der Ein-/Ausgabe sind Anschlüsse an PC's aber auch an ASCII-Terminals vorzusehen, um vorhandene DV-Infrastrukturen weiterhin nutzen zu können. Die Bildschirmoberflächen, die dem Nutzer angeboten werden, sollten die von der Open Software Foundation propagierten Benutzeroberflächen WINDOWS bzw. MS-WINDOWS oder der Presentation Manager sein.

Bei der Vernetzung der verschiedenen Systeme sollten Industriestandards oder andere standardisierte Übertragungsprotokolle wie TCP/IP, Novell und der LAN Manager verwendet werden.

Bereits existierende Standardanwendungen wie Textverarbeitung, Bürokommunikation, GIS, Tabellenkalkulation, Labor-Informationssysteme, Standard-Statistik-Systeme sind über geeignete Schnittstellen zu integrieren.

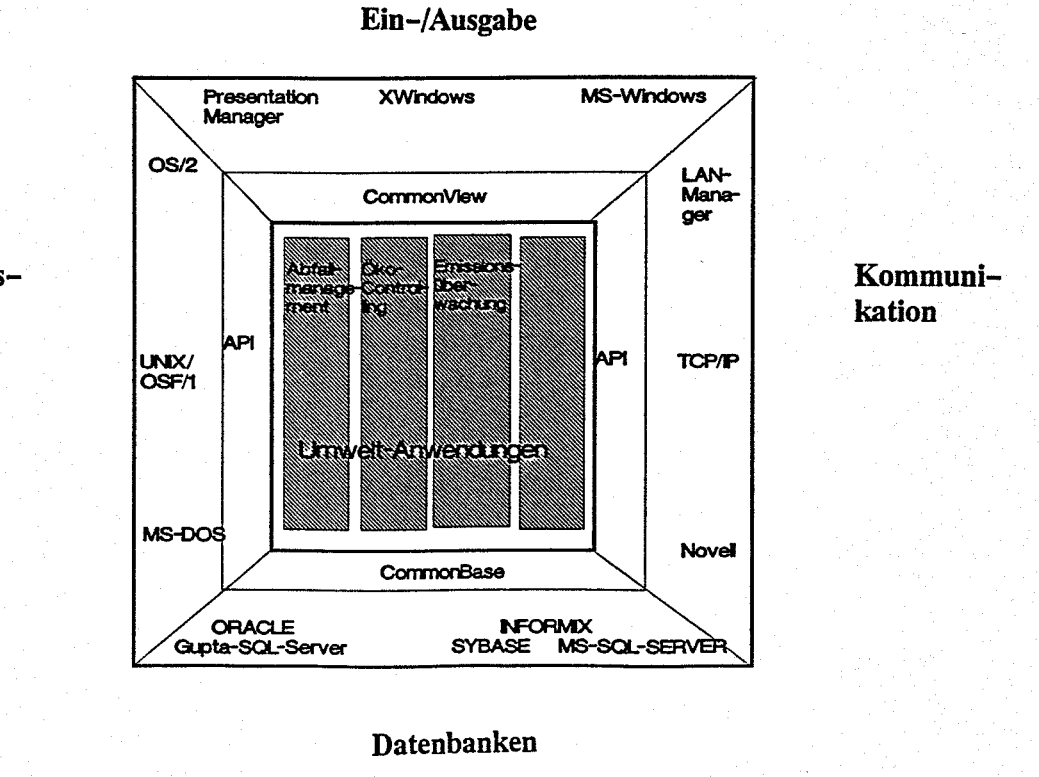

Abbildung 4: Offene Architektur unterstützt viele Hardware-/Software-Plattformen

Das Umweltinformationssystem ist modular aufzubauen. Das heißt, zu einzelnen Fachdaten sind eigenständige Module zu entwickeln, die der Bearbeitung der operationalen Aufgaben dienen und auch Bewertungen sowie Auswertungen erlauben. Dabei sind die Daten zu differenzieren nach Stammdaten (Betriebsstätten, Genehmigungen), Wissensdaten (Gesetze, Verordnungen, Anlagen und Betriebstypologien, Stoff- und Produktinformationen), Ereignisdaten (Meßdaten, Überwachungsdaten, Auswertungen, Statistiken) und Archivdaten (Dokumente, Vorgänge, Texte). Weiterhin ist sicherzustellen, daß für übergeordnete Aufgaben durch ein "koordinierendes" Modul der geregelte Zugang zu den einzelnen Teilmodulen möglich ist.

Einzelne Module können zum Beispiel sein: Abfallmanagement, Öko-Controlling, Abwasserüberwachung, Emissionsüberwachung, Arbeitsschutz. Die einzelnen Module werden ihrerseits modular aufgebaut. Zum Beispiel setzt sich das Modul Abfallmanagement unter anderem aus den Teilfunktionalitäten Annahme/Anlieferung, Lagerverwaltung, Auslieferung, Kostenverwaltung und Dokumentation (Entsorgungsnachweise, Begleitscheine) zusammen.

6. Zusammenfassung

Erfüllt ein Umweltinformationssystem die Anforderung an Offenheit der Systemarchitektur sowie die Modularität, so sind die Voraussetzungen für die Integration der einzelnen Bausteine in die DV-Landschaft der Organisation gegeben, sofern dies erforderlich ist. Die einzelnen Module besitzen jeweils eine Kernfunktionalität, die sich unmittelbar aus den gesetzlichen Anforderungen ableiten läßt. Darüber hinaus sind sie an die spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Organisation anzupassen. Jedes Einzelmodul muß aber auch für sich alleine lauffähig sein, damit es auf der operationalen Ebene der jeweiligen Fachabteilungen eingesetzt werden kann. Durch den Aufbau eines integrierten Umweltinformationssystems lassen sich im Rahmen einer innerbetrieblichen, eigenverantwortlichen Überwachung wichtige unternehmerische Freiräume gewinnen.

Umwelt- und Arbeitsschutzmanagementsysteme für den Einsatz in Industrie und Gewerbe

Andreas Lott, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, München
Martin Pauleser, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, München
Werner Strauß, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, München

1. Einführung

Auf der Basis heute verfügbarer Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung über die Auswirkungen menschlicher Eingriffe und die hierdurch verursachten Veränderungen der Umwelt sowie unter dem Druck der öffentlichen Meinung ergibt sich für Politiker, Planer, öffentliche Verwaltung und Industrie ein zwingender Handlungsbedarf zur Erhaltung und zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen.

Dies hat zu einer Gesetzesflut in den Bereichen des Umwelt- und Arbeitsschutzes geführt. Diese Rechtsgebiete sind wegen ihrer Herkunft aus dem Polizeirecht bisher vor allem ordnungs- und verwaltungsrechtlich geprägt. Staatliche Gebote und Verbote sollen die weitere Zerstörung der Umwelt verhindern, zur Erhaltung der Umwelt beitragen, Gefahren für den Bestand unserer Lebensgrundlagen abwehren sowie die Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz minimieren.

So traten in der Vergangenheit ein Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien in Kraft, die direkt und indirekt Einfluß auf das Verhalten der Verursacher nehmen sollen. Diese Gesetzgebung verursacht einen Handlungsbedarf bei denjenigen, die reglementiert werden: Die Gesetze müssen eingehalten werden und die entsprechenden Maßnahmen bzw. Erkenntnisse müssen dokumentiert, archiviert und verfügbar gehalten werden.

Es ergibt sich somit die Notwendigkeit, die anfallenden Informationen zu strukturieren und in entsprechenden Fachsystemen für weitergehende Auswertungen verfügbar zu halten.

2. Die gesetzlichen Anforderungen

Die nachfolgend dargestellten Gesetze und Verordnungen reglementieren heute das betriebliche Umfeld in der Bundesrepublik Deutschland.

2.1 Arbeits- und Gesundheitsschutz

Hierunter werden in erster Linie die Gesetze und Verordnungen verstanden, die die Gestaltung der Arbeitsumgebung, die Gesunderhaltung der Arbeitnehmer sowie die technische Anlagensicherheit und den Umgang mit Gefahrstoffen zum Ziel haben, wie z.B.: Arbeitssicherheitsrecht, Arbeitsstättenverordnung, überwachungsbedürftige Anlagen nach Gewerbeordnung, Gefahrstoffverordnung/Chemikaliengesetz und die Gefahrgutgesetzgebung.

Darüber hinaus sind entsprechende Handlungsanweisungen in den einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger sowie in technischen Regeln und Richtlinien niedergelegt.

2.2 Immissionsschutz

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist eines der ersten im Zusammenhang mit der Umwelt erlassenen Gesetze.

Es enthält eine Vielzahl von Vorschriften zum Schutz vor Umweltgefahren durch Luftverunreinigungen, Lärm und ähnlichen Störungen.

Die für Unternehmen wichtigsten Rechtsverordnungen sind:

- die Anlagen-Verordnung (4.BImSchV), eine Aufzählung aller Anlagen, deren Errichtung und Betrieb nach §4 BImSchG genehmigungsbedürftig ist;
- die Störfall-Verordnung (12.BImSchV), die Vorschriften für die Betreiber von Anlagen mit besonders hohem Gefährdungspotential zum Schutz vor Störfällen umfaßt;
- die Großfeuerungsanlagen-Verordnung (13.BImSchV) mit besonderen Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von großen Feuerungsanlagen
- die Grundsätze des Genehmigungsverfahrens (9.BImSchV), die die Verfahrensarten für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen regelt und

daneben sind folgende Verwaltungsvorschriften von Belang:

- Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft), die für alle nach der 4.BImSchV genehmigungsbedürftigen Anlagen gilt, regelt die maximal zulässigen Emissionen luftfremder Stoffe.
- Die Altanlagensanierung nach TA-Luft gibt erstmals Fristen für die Sanierung bereits bestehender Anlagen in Abhängigkeit von den aktuellen Emissionsmengen vor.
- Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) enthält Vorschriften zum Schutz gegen Lärm, der von genehmigungsbedürftigen Anlagen ausgeht. Es werden Immissionsrichtwerte angegeben, die, abhängig von Gebietsart und Tageszeit, die Grenze der erheblichen Belästigung repräsentieren.

2.3 Gewässerschutz

In diesem Bereich wird die Erhaltung bzw. die Herstellung einer bestimmten Gewässerqualität angestrebt.

Betriebsrelevante Regelungen enthält das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) als Rahmenregelung für den Wasserhaushalt.

Die Bundesländer haben auf dieser Basis eigene Landeswassergesetze zur umweltdienlichen Bewirtschaftung des Schutzgutes Wasser zu erlassen. Grundsätzlich bedarf jede Gewässerbenutzung (wasserwirtschaftlich relevante Inanspruchnahme) einer Erlaubnis oder Bewilligung.

Darüber hinaus ist nach Abwasserabgabengesetz (AbwAG) für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer eine entsprechend der Schädlichkeit des Abwassers bemessene Abgabe zu entrichten.

2.4 Abfall

Durch ständig steigende Müllberge bedingt, wurde 1986 ein neues Abfallgesetz (AbfG) verabschiedet, das vor allem die Verringerung der Abfallmengen zum Ziel hat. Hier ist vor allem das Abfallvermeidungs- und -verwertungsgebot von Interesse.

Probleme bereitet in der Praxis immer wieder die Abgrenzung zwischen Abfall und Wirtschaftsgut.

Ein weiterer immer wichtiger werdender Bereich ist der Sonderabfall. Der Entwurf für eine Technische Anleitung Sonderabfall definiert hier Anforderungen zur Entsorgung nach dem jeweiligen Stand der Technik.

2.5 Die Betriebsbeauftragten

Zur Verbesserung des Vollzugs der Umwelt- und Arbeitsschutzgesetze wurden für die wichtigsten Teilbereich Betriebsbeauftragte eingeführt:

- die Fachkräfte für Arbeitssicherheit nach ASiG,
- der Immissionsschutzbeauftragte nach BImSchG,
- der Gewässerschutzbeauftragte nach WHG und
- der Abfallbeauftragte nach AbfG.

Diese haben im Wesentlichen folgende innerbetrieblichen Aufgaben wahrzunehmen:

- Überwachungspflicht: Überwachung der Einhaltung der Gesetze und Rechtsverordnungen sowie der Erfüllung von Auflagen und Bedingungen.
- Hinwirkungspflicht: Hinwirkung auf die Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren und Erzeugnisse.
- Informationspflicht: Aufklärung der Betriebsangehörigen über die von der jeweiligen Anlage verursachten Gefahren bzw. schädlichen Umwelteinwirkungen.

3. Betriebswirtschaftliche Informationssysteme

In vielen Betrieben liegen Informationen mit Umwelt- und Arbeitsschutzbezug bereits in betriebswirtschaftlichen Informationssystemen vor, wo sie unter anderen Gesichtspunkten erforderlich sind.

In den nachfolgend beschriebenen Teilbereichen solcher Systeme sind entsprechende Daten mit Arbeits- bzw. Umweltschutzbezug zu erwarten.

3.1 Einkauf

Im Einkauf sind üblicherweise die Informationen über die eingekauften Produkte und deren Lieferanten niedergelegt. Je nach betriebsspezifischen Verhältnissen können dort auch Informationen über Zusammensetzungen bzw. Mischungsverhältnisse, vor allem im Hinblick auf Gefahrstoffinhalte der Produkte verfügbar sein.

3.2 Materialwirtschaft

Im Bereich der Materialwirtschaft liegen im Allgemeinen die Zuständigkeiten für die betriebliche Logistik. Hier können Informationen zu stofflichen Zusammensetzungen von Produkten, zu Lagerorten und über innerbetriebliche Transportwege abgefragt werden.

3.3 Produktion

In den Produktionsabteilungen liegt detailliertes Wissen über den Umgang mit den Materialien und Einsatzstoffen vor. Ebenso sind über entsprechende Betriebsanweisungen und stoffspezifische Sicherheitsdatenblätter umfassende Informationen über weitere Einsatzstoffspezifika verfügbar. Über Arbeitsplatzmessungen sind darüber hinaus stoffspezifische Emissionen abschätzbar.

Ebenso liegen hier Informationen über die Entstehung, Zusammensetzung und Entsorgung von Abfällen sowie Entstehungsstellen und Zusammensetzung betrieblicher Emissionen vor.

3.4 Kostenrechnung

Hier sind vor allem Informationen zur internen Zuordnungen von Kosten zu einzelnen Abteilungen, Fertigungsschritten oder eingekauften Materialien von Interesse.

3.5 Gefahrenabwehr

Das System liefert im Freisetzungs-, Stör-, Brand- oder Katastrophenfall schnell und gesichert stoff- bzw. produktspezifische Informationen zur gezielten Gefahrenabwehr.

Neben den wichtigsten sicherheitstechnischen Stoff- bzw. Produktkenndaten kommen dabei den einsatztaktische Maßnahmen besondere Bedeutung zu.

4. Das Umwelt- und Arbeitsschutz-Managementsystem IGS care

Die Zusammenfassung der vorgenannten im gesamten Betrieb verstreuten und auf den verschiedensten Medien vorliegenden Datenbestände mit Umwelt- und Arbeitsweltschutzbezug läßt sich ohne EDV-Unterstützung wohl kaum bewerkstelligen.

Das betriebliche Umwelt- und Arbeitsschutz-Managementsystem IGS care unterstützt die Aufgabenträger in Industrie und Gewerbe bei der einheitlichen und sachlich richtigen Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen.

IGS care stellt somit den Teil im Gesamtkonzept eines ganzheitlichen Umwelt-Managementsystems dar, der für die Umweltadministration, der Abwicklung des innerbetrieblichen Umwelt- und Arbeitsschutzes beim Umgang mit Gefahrstoffen zuständig ist.

Mit IGS care wird den Forderungen der Industrie nach IT-Unterstützung bei der Handhabung gefährlicher und umweltrelevanter Stoffe unter Berücksichtigung der gültigen Rechtsvorschriften Rechnung getragen. Es unterstützt bei der Abwicklung komplexer und ständig wiederkehrender Routinearbeiten, die sich aus Gesetzen und Verordnungen ableiten. Administrative Tätigkeiten werden schneller erledigt, die Arbeit wird transparenter, Ergebnisse sind jederzeit nachweis- und dokumentierbar, die erforderten Berichte für Behörden werden erstellt, gedruckt und archiviert.

Aufbauend auf einer Gefahrstoff- und Gefahrgut-Datenbank sowie unternehmensspezifischen Informationen über Betriebsstruktur, Anlagen, Verfahren und Personal stehen dem Anwender Fachfunktionen für die Bereiche Stoffdatenerfassung, Gefahrstoffkataster, Betriebsanweisungen, Messungen im Arbeitsbereich (Arbeitsschutz), Entsorgung, Gefahrenabwehr, Gefahrstofftransport und Gesetzes-Recherche zur Verfügung.

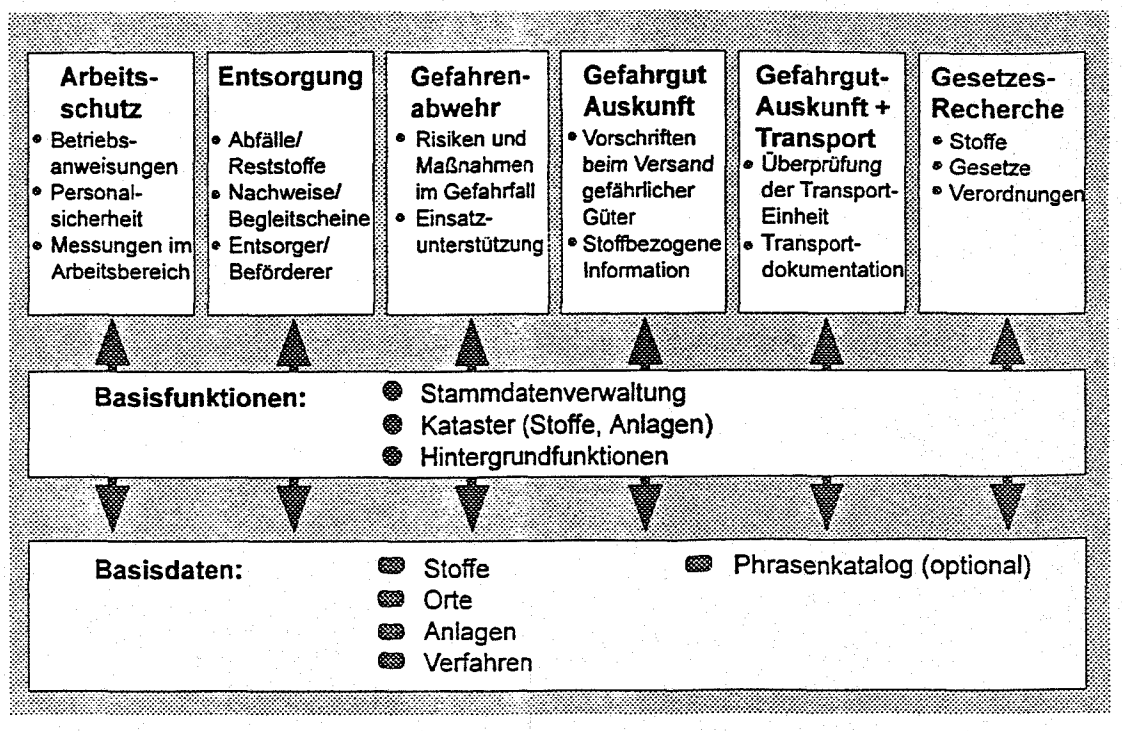

Abbildung 1: IGS care - Aufbau und Funktionalitäten

Das System wird in den geplanten Ausbaustufen die folgenden innerbetrieblichen Aufgabenträger unterstützen:

- Beauftragte für Arbeitssicherheit und Arbeits- und Gesundheitsschutz wie Sicherheitsingenieure, Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Betriebsärzte;
- Abfallbeauftragte;
- Immissionsschutzbeauftragte;
- Gewässerschutzbeauftragte;
- Gefahrgutbeauftragte;
- Strahlenschutzbeauftragte;
- Störfallbeauftragte sowie
- Angehörige von Werksfeuerwehren und andere Aufgabenträger im Bereich der Gefahrenabwehr.

Aufbauend auf einem Satz von übergreifenden Querschnittsdaten und -funktionen (Basismodul) stehen dem Anwender Fachmodule für die Bearbeitung der entsprechenden Themenbereiche zur Verfügung. Durch den modularen Aufbau ist eine zielgruppenspezifische Anpassung an die Bedürfnisse des jeweiligen Benutzers gewährleistet.

Der Ausbau des Systems erfolgt in aufeinanderfolgenden Stufen. In der ersten Ausbaustufe sind folgende Funktionalitäten enthalten:

Modul Basiskomponenten

- Stoffdatenbank, Stoffinformationssystem, Erfassung und Verwaltung von DIN- und EG-Sicherheitsdatenblättern.
- Erfassung und Verwaltung der Betriebsstruktur in beliebiger hierarchischer Unterteilung.
- Erfassung und Verwaltung von Anlagen, Prüfungen, Genehmigungen und Maßnahmen im Rahmen der technischen Anlagensicherheit.
- Erfassung und Verwaltung von Produktionsverfahren, Zuordnung von Stoffen (Einsatz-, Ausgangs-, Hilfs- und Zwischenprodukte) bzw. Abfällen/Reststoffen zu den Verfahrensarten.

Modul Arbeitsschutz

- Erstellung und Verwaltung von stoff-, orts- und tätigkeitsspezifischen Betriebsanweisungen nach TRGS 555.
- Erfassung und Verwaltung von Unfallanzeigen und Unterweisungen, Unterstützung bei Unfallauswertungen und -statistiken).
- Erfassung und Verwaltung von Arbeitsbereichsanalysen, Unterstützung der Meßplanung, Verwaltung der Meßberichte nach TRGS 402/403.

Modul Entsorgung

- Erfassung und Verwaltung der Abfall-/Reststoffströme, Dokumentation der Entsorgung/Verwertung.
- Verfahrensunterstützung bei der Erstellung von Entsorgungs-/Verwertungsnachweisen und Abfallbegleitscheinen.
- Erfassung und Verwaltung von Entsorgern und Beförderern incl. Fuhrpark und Genehmigungen).

Modul Gefahrgut-Auskunft

- Informationen über die Rahmenbedingungen bei der Transportvorbereitung von gefährlichen Gütern (Verpackung, Kennzeichnung usw.).

Modul Gefahrgut-Transport

- Informationen über die Rahmenbedingungen beim Transport von gefährlichen Gütern (Fahrzeugausrüstung, Zusammenladeverbote usw.).

Modul Gefahrenabwehr

- Zusammenstellung der am Gefahrenort vorhandenen Gefahrstoffe und sicherheitsrelevanten Anlagen.
- Recherche in den Stoff- und Zubereitungsdaten mit Schwerpunkt auf einsatztaktischen Maßnahmen und Gefahren.
- Erfassung und Verwaltung von Schutz- und Hilfsmitteln.

Modul Gesetzesrecherche

- Referenzierung aller Stoffnennungen in Gesetzen, Verordnungen, Normen und technischen Regeln des Umwelt- und Arbeitsschutzes.

Für alle fachspezifischen Module stehen übergreifende Funktionalitäten wie Hintergrunddatenverwaltung, Terminverwaltung sowie Zuordnungs- Auswertungs- und Statistikfunktionen zur Verfügung.

In weiteren Realisierungsstufen sind folgende Erweiterungen vorgesehen:

- Entwicklung des Moduls Immissionsschutz,
- Entwicklung des Moduls Gewässerschutz,
- Schnittstellen zu betriebswirtschaftlichen Standardsystemen,
- Entwicklung des Moduls Strahlenschutz,
- Entwicklung des Moduls Störfallvorsorge,
- Entwicklung des Moduls Werksärztlicher Dienst,
- Entwicklung des Moduls Kosten,
- Entwicklung des Moduls Vorschriften sowie
- Integration in betriebswirtschaftliche Standardsysteme.

Mit dem Gesamtsystem werden folgende Ziele verfolgt:

- Unterstützung der Betriebsbeauftragten im Umgang mit den Überwachungsbehörden durch Unterstützung bei der Erstellung der gesetzlich vorgeschriebenen, Dokumenten wie Emissionserklärungen, Abfallnachweise usw.
- Vermeidung von Mehrfacherhebungen der gleichen Sachverhalte durch Integration in betriebswirtschaftliche Systeme
- Unterstützung der Betriebsführung durch aggregierte Informationen über die aktuelle betriebliche Situation zur Entscheidungsunterstützung.
- Schaffung einer grundlegenden Basis für ökonomisch/ökologische Betrachtungen auf Produkt- und Prozeßebene.
- Unterstützung bei der Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Umweltbericht).

5. Schlußbetrachtung

Die Notwendigkeit, immer mehr umwelt- und arbeitsschutzrelevante Informationen bereitstellen bzw. verarbeiten und bewerten zu müssen, stellt Industrie und Behörden vor wachsende Probleme. Die aus den gesetzlichen Anforderungen resultierende Datenmengen, die vorgehalten werden müssen, lassen sich nur mit EDV-gestützten Informationssystemen sicher verwalten. An der Nutzung von Informationssystemen für den betrieblichen Umwelt- und Arbeitsschutz führt daher heute kein Weg mehr vorbei.

Eine vollständige und aktuelle Datenhaltung nur in solchen Informationssystemen sinnvoll möglich. Sie bieten Unterstützung und Entlastung der Aufgabenträger von Routinetätigkeiten, fördern die Qualität der geleisteten Arbeit und liefern durch die Verknüpfung von Informationen aus verschiedenen Sachgebieten neue Erkenntnisse.

Publikationen des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung

Das IÖW veröffentlicht die Ergebnisse seiner Forschungstätigkeit in einer Schriftenreihe, in Diskussionspapieren sowie in Broschüren und Büchern. Des Weiteren ist das IÖW Mitherausgeber der Fachzeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“, die allvierteljährlich im oekom-Verlag erscheint, und veröffentlicht den IÖW-Newsletter, der regelmäßig per Email über Neuigkeiten aus dem Institut informiert.

Schriftenreihe/Diskussionspapiere

Seit 1985, als das IÖW mit seiner ersten Schriftenreihe „Auswege aus dem industriellen Wachstumsdilemma“ suchte, veröffentlicht das Institut im Eigenverlag seine Forschungstätigkeit in Schriftenreihen. Sie sind direkt beim IÖW zu bestellen und auch online als PDF-Dateien verfügbar. Neben den Schriftenreihen veröffentlicht das IÖW seine Forschungsergebnisse in Diskussionspapieren – 1990 wurde im ersten Papier „Die volkswirtschaftliche Theorie der Firma“ diskutiert. Auch die Diskussionspapiere können direkt über das IÖW bezogen werden. Informationen unter *www.ioew.de/schriftenreihe_diskussionspapiere*.

Fachzeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“

Ausgabe 2/2010

Das IÖW gibt gemeinsam mit der Vereinigung für ökologische Wirtschaftsforschung (VÖW) das Journal „Ökologisches Wirtschaften“ heraus, das in vier Ausgaben pro Jahr im oekom-Verlag erscheint. Das interdisziplinäre Magazin stellt neue Forschungsansätze in Beziehung zu praktischen Erfahrungen aus Politik und Wirtschaft. Im Spannungsfeld von Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft stellt die Zeitschrift neue Ideen für ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Wirtschaften vor. Zusätzlich bietet „Ökologisches Wirtschaften online“ als Open Access Portal Zugang zu allen Fachartikeln seit der Gründung der Zeitschrift 1986. In diesem reichen Wissensfundus können Sie über 1.000 Artikeln durchsuchen und herunterladen. Die Ausgaben der letzten zwei Jahre stehen exklusiv für Abonnent/innen zur Verfügung. Abonnement unter: *www.oekom.de*.

IÖW-Newsletter

Der IÖW-Newsletter informiert rund vier Mal im Jahr über Neuigkeiten aus dem Institut. Stets über Projektergebnisse und Veröffentlichungen informiert sowie die aktuellen Termine im Blick – Abonnement des Newsletters unter *www.ioew.de/service/newsletter*.

Weitere Informationen erhalten Sie unter *www.ioew.de* oder Sie kontaktieren die

IÖW-Geschäftsstelle Berlin
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: +49 30-884 594-0
Fax: +49 30-882 54 39
Email: *vertrieb(at)ioew.de*

i ö w INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

GESCHÄFTSTELLE BERLIN
MAIN OFFICE
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0
Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

BÜRO HEIDELBERG
HEIDELBERG OFFICE
Bergstraße 7
69120 Heidelberg
Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0
Fax: + 49 – 6221 – 270 60

mailbox@ioew.de
www.ioew.de