



Thema der Arbeit:

**Automatisierung der Umweltberichterstattung mit
Stoffstrommanagementsystemen**

Habilitationsschrift

zur Erlangung der Venia Legendi für das Fachgebiet Wirtschaftsinformatik

Angenommen durch die Fakultät für Informatik der
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von: Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez
geboren am: 25.07.1960
wohnhaft in: Wrangelstr. 44
10997 Berlin
E-Mail: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

Gutachter Prof. Dr. Walter Leal Filho
Gutachter PD. Dr. Helmut Lessing
Gutachter Prof. Dr. Claus Rautenstrauch

Abnahmedatum: 15. Oktober 2004

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent in der Arbeitsgruppe für Wirtschaftsinformatik am Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie zu einem kleineren Teil während meiner Forschungsaufenthalte an der TU Clausthal und an der Universität von Valencia (Spanien). Ohne die Unterstützung von Kollegen an diesen drei Einrichtungen wäre die Durchführung der Arbeit sicher nicht möglich gewesen.

Mein ganz besonderer Dank gilt an erster Stelle meinem Habilitationsvater und Mentor Prof. Dr. Claus Rautenstrauch für die weitreichende Unterstützung in den vergangenen sechs Jahren. Er hat mich nicht nur zu dieser Arbeit motiviert und in jeder erdenklichen Weise gefördert, sondern auch die Freiräume und das notwendige wissenschaftliche Umfeld geschaffen, die das Gelingen einer solchen Arbeit ermöglicht haben. Für die vielen Stunden, die Sie auf ihren Mann aufgrund von zahlreichen Besprechungen, Projektsitzungen und Gitarrenproben verzichten musste, bin ich seiner Ehefrau und meiner guten Freundin Edeltraud Rautenstrauch zu großem Dank verpflichtet. Den Herren Prof. Dr. Walter Leal und PD. Dr. Helmut Lessing danke ich für die Übernahme und schnelle Anfertigung der Gutachten.

Den Kolleginnen und Kollegen aus dem Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme (Fakultät für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), des Instituts für Informatik der TU Clausthal und der Arbeitsgruppe für Angewandte Betriebswirtschaftslehre der Universität von Valencia danke ich für das angenehme Arbeitsumfeld und für die technische Unterstützung. Insbesondere sind hier Ines Peinemann, Elke Fischer, Sabine Kammann, Stephanie Cronjäger, Kerstin Lange, Gerd Lange, Fred Kreuzmann, Steffen Thorhauer, Jörn Körner, Thomas Bravin und Ismael Coll Navarro zu benennen.

Für viele konstruktive Anregungen und nutzbringende Diskussionen danke ich den Kollegen Mario Amelung, Dr. Ralf Isenmann, Dr. Hans-Knud Arndt, Chaouki Khatib, Silke Pröttsch, Christian Grünwald, Christoph Hermann, Monika Beisel und Jan Brosowski. Sie haben auch durch Ihre Mitarbeit an verschiedenen gemeinsamen Veröffentlichungen direkten Anteil an das Gelingen dieser Arbeit.

Ein großes Dankeschön für Ihre Unterstützung während meiner Lehrstuhlvertretung der Wirtschaftsinformatikprofessur an der TU Clausthal geht an die wissenschaftlichen Mitarbeiter Markus Melato, Dirk Dreschel und Bernd Fischer sowie an die ehemaligen Studenten und wissenschaftlichen Hilfskräfte der Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik

Daniel Lübke, Florian Gottschalk, Oliver Krüger, Jens Grohne, Jana Görmer, Jörg Ritter, Jens Lichtenberg, Kevin Herre, Patrick Stiefel, Nils Heyer, Christoph Hermann und Sven Albert der Wirtschaftsinformatik der TU Clausthal.

Für das fleißige Korrekturlesen und für viele wertvolle Anregungen und Hinweise danke ich Judith Berger, Daniel Lübke und Ulf Hausmann.

Mein größter Dank jedoch gilt meiner Familie in Spanien, die mich immer wieder neu motiviert und unterstützt hat und die so oft in den vergangenen Jahren auf mich verzichten musste.

Allen nochmals ein großes Dankeschön.

Muchas gracias a todos vosotros.

Jorge Carlos Marx Gómez

Berlin, im Oktober 2004

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Habilitationsprojektes wird ein durchgehendes Konzept zur Unterstützung des Umweltmanagements und Controllings von der Stoffstrommodellierung über die Ökobilanzierung bis hin zur automatisierten Umweltberichterstattung entwickelt. Das Konzept wurde umgesetzt, indem die Methodik des Stoffstrommanagements angewendet, erweitert und mit Eigenentwicklungen integriert wurde. Dieses Konzept versetzt Unternehmen in die Lage, über die Pflege des Stoffstrommodells jederzeit aktuelle und exakte Ökobilanzen einschließlich der aussagefähigen Bilanzbewertungen und Umweltberichte automatisiert zu erstellen und so den Berichterstattungspflichten insbesondere im Rahmen von ISO 14001-Audits gerecht zu werden. Das Konzept zur automatisierten rechnergestützten Umweltberichterstattung ist universell einsetzbar und wurde im Rahmen zweier Fallstudien, nämlich des Bierherstellungsprozesses und der Herstellung von Reaktivverdünnern in Anstrichstoffen erprobt. Zusätzlich konnten zur Unterstützung des Umweltberichterstattungsprozesses anhand zweier weiterer Fallstudien, die bei der Volkswagen AG durchgeführt wurden, die Konzeption eines Integrierten Systems für Umweltinformationen entwickelt sowie die Modellierung eines Data Warehouse für einen ausgewählten Bereich des Umweltschutzes durchgeführt werden.

Die im Rahmen des Stoffstrommanagements anfallenden methodischen Randerscheinungen, wie z. B. Anpassung von Kennzahlensystemen zur Bilanzbewertung oder das Auftreten von Datendefekten bei der Modellierung (unvollständige oder auch inkorrekte Daten) werden im Detail beschrieben und konkrete Lösungsmöglichkeiten werden aufgezeigt. Im Zuge des Umweltberichterstattungsprozesses war es notwendig, eine Dokumententypdefinition (DTD) für Umweltberichte zu entwickeln. Der Entwicklungsprozess der DTD unter Einbeziehung der relevanten semantischen Komponenten und die Integration von Metainformationen in das Umweltberichtsmodell werden im Detail beschrieben.

Des Weiteren wird eine notwendige Standardisierung bzw. Harmonisierung auf der Grundlage mehrerer Umweltberichte und weiterer DTDs zu einer standardisierten XML-basierten DTD vorgestellt. Auf dieser Basis wird hier ein Vorschlag unterbreitet, wie die Harmonisierung in methodisch gestützter Weise durchgeführt und auf der ersten und zweiten Gliederungsebene spezifiziert werden kann. Mit dem Vorschlag zu einer standardisierten XML-basierten DTD ist die Grundlage für eine effiziente, automatisierte und zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen gelegt. In einem abschließenden Schritt wird gezeigt, wie die XML-basierte DTD in ein XML Schema überführt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	II
Zusammenfassung	IV
Inhaltsverzeichnis	V
1 Motivation und Abgrenzung	1
2 Wissenschaftlicher Bezugsrahmen	3
2.1 Umweltmanagement	3
2.2 Stoffstrommanagement	3
2.3 Ökobilanzierung	5
2.4 Umweltberichterstattung	7
3 Fallstudien	13
3.1 Ökobilanzierung des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei	13
3.2 Vergleichende Ökobilanz von Anstrichstoffen mit epoxidierten Derivaten	14
3.3 Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformation - Fallstudie bei der Volkswagen AG	15
3.4 Modellierung eines Data Warehouse für den Umweltschutz - Fallstudie bei der Volkswagen AG	17
4 Umweltkommunikation durch eine internetbasierte automatisierte Umweltberichterstattung	18
4.1 Zielgruppenorientierung	18
4.2 Vorteile und Nutzen von XML für die Umweltberichterstattung	20
4.3 Entwurf einer DTD für die Umweltberichterstattung	21
4.4 Standardisierung von DTDs zur Umweltberichterstattung	22
4.5 Automatisierung der Umweltberichterstattung	24
4.6 Einsatz von XML Schema für die automatisierte Umweltberichterstattung	25
4.7 Nachhaltigkeitsberichterstattung	26
5 Seiteneffekte	29
5.1 Anpassung von Kennzahlensystemen zur Bilanzbewertung und Analyse	29
5.2 Datendefekte in Stoffstromnetzen	31
5.3 Erweiterung der Umberto-Modulbibliothek	32
5.4 Vereinfachung des Datenzugriffs durch Auswertungskomponente	32
5.5 ERP-integriertes Stoffstrommanagement	33
6 Weitere erbrachte Leistungen im Rahmen des Habilitationsprojektes	35
7 Zusammenfassung und Ausblick	38
Literaturverzeichnis	40
Sonstige zitierte Quellen	45
Anhang	48

1 Motivation und Abgrenzung

Der Mensch ist in vielfacher Hinsicht auf die natürliche Umwelt angewiesen. Als wichtige Funktionen, welche die Umwelt für den Menschen und die Gesellschaft wahrnimmt, werden die Versorgungs-, die Träger- und die Regulierungsfunktion unterschieden [B02]. In ihrer Versorgungsfunktion stellt die Umwelt dem Menschen natürliche Ressourcen zur Verfügung. In ihrer Trägerfunktion nimmt sie Schad- und Abfallstoffe auf, die bei der Verarbeitung und Verwendung von natürlichen Rohstoffen und den daraus hergestellten Produkten anfallen. Beide Funktionen können das natürliche Gleichgewicht der Umwelt nachhaltig stören. Mit ihrer Regulierungsfunktion ist die Umwelt in begrenztem Maße in der Lage, Schäden, die durch die Ausbeutung und Weiterverarbeitung von Rohstoffen entstehen, aufzufangen und das natürliche Gleichgewicht wieder herzustellen. Die ständig wachsende Ausbeutung der Versorgungs- und Trägerfunktion bringt die Regulierungsfunktion jedoch an ihre Grenzen. Rohstoffe werden knapper, die Umwelt ist nicht mehr in der Lage, die steigenden Mengen an Schadstoffen aufzunehmen und zu kompensieren. Um einen Kollaps des Systems „Umwelt“ abzuwenden, sind alle Akteure auf gesellschaftlicher, staatlicher und unternehmerischer Seite aufgerufen, gemeinsam neue Lösungswege zu erforschen und umzusetzen. Die Unternehmen tragen aufgrund ihrer intensiven Nutzung der Versorgungs- und Trägerfunktion eine Hauptverantwortung für Umweltschäden und sind daher besonders dazu aufgerufen, dafür Sorge zu tragen, dass Umweltbelastungen reduziert oder ganz vermieden werden.

Traditionelle Formen der finanziellen Rechnungslegung und umwelttechnischen Bewertung können das Bemühen der Unternehmen um eine Verringerung der Umweltbelastung jedoch nur unzureichend abbilden. Es sind daher weitergehende Darstellungsmethoden gefragt, die über eine bloße quantitative Darstellung und Bewertung der Umweltaktivitäten hinaus auch qualitative Aspekte einbeziehen und den komplexer werdenden Wirkungsmechanismen gerecht werden [BK97]. Hier hat die Umweltberichterstattung in den letzten Jahren sowohl auf struktureller als auch inhaltlicher Ebene erste verwertbare Ergebnisse zu verzeichnen [G00]. Eine wachsende Zahl von Unternehmen thematisiert die ökonomische und ökologische Bedeutung von emissionsmindernden und rohstoffschonenden Maßnahmen im Rahmen ihrer jährlichen Geschäftsberichte oder in eigenen Umweltberichten. In den Ländern der Europäischen Union hat die Umweltberichterstattung seit 1995 durch ihre gesetzliche Verankerung in der EG-Öko-Audit-Verordnung an Bedeutung gewonnen. Die Verordnung schreibt für alle Unternehmen, die sich freiwillig am Öko-Audit-System beteiligen wollen, einen externen Umweltbericht (bzw. Umwelterklärung) mit entsprechenden Auflagen vor [NF96].

Ein wichtiger Auslöser für Umweltberichterstattung war die Unfallserie bei der Hoechst AG in den 90ern. Die Implementierung eines Umweltmanagements erfordert umfassende Maßnahmen, bei denen verschiedene Bereiche des Unternehmens vom Management bis zur Produktion Hand in Hand zusammen arbeiten müssen. Eine zentrale Methodik des Umweltmanagements ist das Stoffstrommanagement. Im Rahmen des Stoffstrommanagements werden sämtliche Produktionsprozesse dokumentiert und im Hinblick auf mögliche Optimierungspotenziale bewertet. Zur Erfassung der im Produktionsprozess verwendeten Energie- und Stoffströme und zur Dokumentation der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltwirkungen, ist ein Modell erforderlich, das die genannten Prozesse in übersichtlichen Input-/Outputbilanzen darstellt. Bisherige Bilanzierungssysteme weisen jedoch eine Reihe von Mängeln auf. So wird die Erfassung der notwendigen Informationen z. T. durch eine große Unübersichtlichkeit der Bilanzierungsposten verkompliziert. Darüber hinaus werden häufig uneinheitliche Mengeneinheiten verwendet, die eine Aggregation von Kennziffern unmöglich machen und damit die Interpretation der Daten erschweren.

Die Informationen aus den Sachbilanzen werden nun zu Umweltkennzahlen aggregiert. Diese können als Kontroll-, Planungs- und Steuerungsgrößen des betrieblichen Umweltmanagements dienen. Auf Basis einer Schwachstellenanalyse des Prozessmodells können danach Maßnahmen zur Verbesserung der Prozesse formuliert werden. Mit diesen Maßnahmen wird dann das Stoffstrommodell modifiziert und mit Hilfe simulativer und analytischer Verfahren näher untersucht. Auf Basis dieser Analysen werden wieder Input- und Outputbilanzen sowie die daraus resultierenden Kennzahlen erstellt. Diese Werte können dann mit den vorher berechneten Kennzahlen verglichen werden und für den Fall, dass sich tatsächlich positive Umweltwirkungen ergeben, in einen Maßnahmenbeschluss zur Korrektur des Umweltprogramms umgesetzt werden. Auf der Grundlage der Stoffstrommodellierung und der Bewertung lassen sich nun über Automatisierungs- und Standardisierungsansätze zielgruppengerechte Umweltberichte bzw. -erklärungen generieren. Das in dieser Arbeit angewendete Vorgehensmodell zur automatisierten Umweltberichterstattung ist in Abbildung 1 dargestellt.

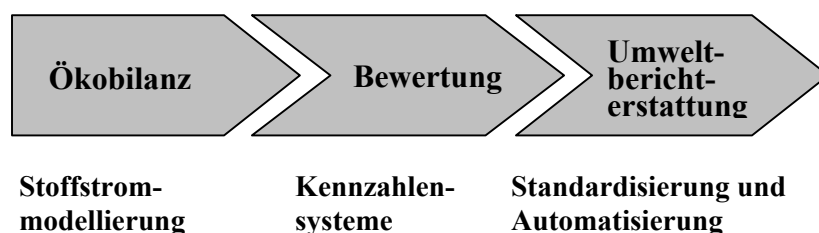


Abb. 1 3-stufiges Metamodell der Umweltberichterstattung

2 Wissenschaftlicher Bezugsrahmen

2.1 Umweltmanagement

Umweltgerechtes Verhalten wird von Unternehmen häufig durch die Zertifizierung gemäß EMAS-Verordnung (Environmental Management and Audit Scheme) der EU, die auch Grundlage der ISO 14000-Normen ist, dokumentiert. Eine freiwillige Zertifizierung des Umweltmanagements ist einerseits ein Beitrag zur Verbesserung des Unternehmensimages, andererseits kann sie sich vorteilhaft bei eventuellen Regressforderungen nach Umweltschäden auswirken. Eine Zertifizierung verpflichtet das Unternehmen zu einer Festlegung umweltpolitischer Ziele, der Installation eines Umweltmanagements und der regelmäßigen Durchführung von Umweltbetriebsprüfungen. Eine Zertifizierung stellt damit sicher, dass eine Formulierung von Umweltzielen durch geeignete Maßnahmen untermauert und deren Eignung regelmäßig überprüft wird. Die hierauf aufsetzende betriebliche Umweltberichterstattung dokumentiert und kommuniziert die Aktivitäten und Beziehungen des Unternehmens zum Umweltschutz. Die Umweltberichterstattung ist damit eine entscheidende Systemkomponente, da die Berichte maßgeblich für die Zertifizierung des Unternehmens sind. Umwelterklärungen sind ein fester Bestandteil von EMAS.

Ein wesentliches Instrumentarium zur Operationalisierung eines zertifizierungsgerechten Umweltmanagements ist das Stoffstrommanagement. Hiermit wird die Modellierung, Analyse und Bewertung von Stoffströmen (Stoff-, Energie- und Güterstromrechnung) in Hinblick auf eine Dokumentation und Verbesserung der zugrunde liegenden Produktionsprozesse bezeichnet. Erster Schritt der Istanalyse ist die Entwicklung eines Modells das Aufschluss darüber gibt, welchen Weg Stoffe und Energien durch einen Betrieb nehmen, welche Transformationen auf dem Weg stattfinden und welche Umweltwirkungen aus den Stoff- und Energieströmen resultieren. Mit Hilfe des Modells lassen sich für diesen Prozess dann auf einfache Weise Input-/Outputbilanzen erstellen.

2.2 Stoffstrommanagement

Jede Form von Produktion verursacht Stoffströme. Aufgabe eines Stoffstrommanagements ist die Beherrschung erwünschter und unerwünschter Stoffströme. Stoffstromsysteme sollen so beeinflusst werden, dass sie auch unter Berücksichtigung sozialer Aspekte insgesamt ökologisch und ökonomisch effizient arbeiten. Prinzipiell geht es dabei um die Senkung des Materialdurchsatzes und die Verringerung und den Ersatz ökologisch

bedenklicher Input- und Output-Stoffe. Stoffstrommanagement ist die Antwort auf den umweltpolitischen Strategiewechsel, ergänzend zu End-of-Pipe-Techniken (Abgasfilter, Abfallbehandlung) hin zu integrierten Technologien. Integrierter Umweltschutz beschränkt sich dabei nicht auf mehr oder weniger zusammenhanglose Einzelmaßnahmen. Er nimmt vielmehr den gesamten Lebensweg eines Produkts „von der Wiege bis zur Bahre“ in Augenschein. In der Vergangenheit bezog sich Umweltpolitik im Wesentlichen jeweils auf einzelne Medien (Wasser, Luft, Boden), auf isolierte Betrachtungen von Emissionen und Anlagen oder auf einzelne Stoffe. Integrierte Umweltpolitik betrachtet und bewertet dagegen ganze Anwendungsfelder:

- Produkt-,
- Produktions-,
- Prozessintegrierten Umweltschutz.

Dies verlangt systematische Stoffstromanalysen und -darstellungen sowie komplexe Produktbetrachtungen. Angesichts der Vielfalt und der schnellen Veränderung der durch Produktion und Produkte ausgelösten Stoffströme, sind die Probleme der Überbeanspruchung von Ressourcen oder der schleichenden Akkumulation von Problemstoffen vorrangig durch selbstregulative Instrumente zu lösen. Der unternehmens- und branchenübergreifende Charakter ökologisch relevanter Stoffströme bedingt, dass am Stoffstrommanagement in der Regel mehrere Akteure in unterschiedlichen Formen des Zusammenwirkens beteiligt sind. Alle beteiligten Akteure, Industrie, Handel, Gewerbe, Verbraucher und Staat, müssen in der Regulierung von Stoffen und der Gestaltung von Produkten eine gemeinsame Aufgabe sehen. Die Ziele des Stoffstrommanagements können auf betrieblicher Ebene in der Kette der beteiligten Akteure entwickelt werden. Im Vordergrund hat dabei die Effizienz bei der detaillierten Untersuchung der Stoff- und Energieflüsse in einem Produktionssystem zu stehen. Die Rolle des Staats beschränkt sich daher im Wesentlichen auf das Setzen von Rahmenbedingungen. Die Vielfalt, die im Stoffstrommanagement angelegt ist, sollten Unternehmen positiv als Gestaltungsfeld nutzen, um über unterschiedliche Wege der Prozess- und Produktoptimierung Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Dies wird u. a. auch durch eine adressatengerechte und zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung erreicht. Unternehmensextern dient die Umweltberichterstattung mit der Ausrichtung auf die Kunden speziell der Differenzierung gegenüber Wettbewerbern sowie als Public Relations-Instrument zur Vermarktung der betrieblichen Umweltbemühungen. Der erhoffte unternehmensinterne Nutzen liegt in der Mitarbeitermotivation. Diese sollen sich mit dem Unternehmen noch stärker identifizieren und aktiv am betrieblichen Umweltschutz teilnehmen.

2.3 Ökobilanzierung

Kontinuierlich strenger werdende Auflagen und Vorschriften von staatlicher Seite und auch die stetig anwachsende Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber Umweltthemen haben dazu geführt, dass in den vergangenen Jahren die Ansprüche an den Umweltschutz erheblich gestiegen sind. Demzufolge bedürfen Umweltprobleme genauer Analysen und entsprechender Handlungsalternativen, deren Vor- und Nachteile sowohl bezogen auf wirtschaftliche wie auch ökologische Zielsetzungen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden müssen. Voraussetzungen dafür sind eine gute Datengrundlage und deren sachverständige und fachmännische Interpretation. Ohne diese Vorbedingungen ist der Vorzug einer Handlungsalternative unmöglich. Entscheidungen würden mit eingeschränkter Zweckrationalität gefällt, im ungünstigsten Fall käme es zu Fehlentscheidungen. Genau an dieser Stelle finden Ökobilanzen ihren Einsatz. Das Ergebnis der Ökobilanz hängt maßgeblich davon ab, ob die ökologisch relevanten Prozesse in das System einbezogen wurden.

Der Ausdruck „Ökobilanz“ ist als Oberbegriff für eine Menge unterschiedlicher Methoden zur zahlenmäßigen Erfassung der Umweltauswirkungen zu verstehen. Ökobilanzen unterliegen folgender Typologie [R99] und [S98]:

- Die Betriebsökobilanz bezieht sich auf eine Produktions- oder Unternehmensstätte, d. h. auf eine organisatorische oder betriebliche Einheit. Diese Einheit wird als „Black Box“ gesehen, da keine Analyse der innerbetrieblichen Vorgänge stattfindet. Die Bilanz konzentriert sich auf den Input und Output an Energien und Stoffen des Unternehmens. Als Input werden dabei die in das System Produktions- oder Unternehmensstätte hineinfließenden und als Output aus dem System herausströmenden Elemente bezeichnet. Die Ökobilanz wird häufig als Basis für die Umweltberichterstattung herangezogen.
- Die Prozessbilanz untersucht die betriebsspezifischen Abläufe der einzelnen Produktionsschritte und ermöglicht einen genaueren Einblick in die betriebliche Tätigkeit. Durch die Zuordnung von Input und Output zu einzelnen Prozessen werden Schwachstellen und Verbesserungspotenziale erkannt.
- Die produktbezogene Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) bilanziert die Umweltauswirkungen eines Produkts über den gesamten Lebensweg, d. h. von der Energie-/Rohstoffgewinnung, der Vorproduktion, der Produktion, dem Transport, der Distribution, dem Produktgebrauch bzw. -verbrauch bis hin zur Entsorgung.

- Die Substanzbilanz bildet die dauerhaften Umweltnutzungen und Umweltbeeinträchtigungen ab. Zur Gruppe der dauerhaften Umweltnutzungen zählen Flächenverbrauch, Bebauung und betrieblich bedingte Landschaftseinschnitte. Dauerhafte Beeinträchtigungen der Umwelt stellen Boden- oder Grundwasserverunreinigungen durch den Betrieb dar. Darüber hinaus werden die im Betrieb vorhandenen Anlagevermögen und Lagerbestände nach ökologischen Kriterien bewertet.

Grundsätzlich aggregiert eine Ökobilanz nie mehr Daten, als über die Umweltwirkungen von Produktionsprozessen oder menschlichen Tätigkeiten bereits bekannt sind bzw. speziell dafür erhoben werden. In Ökobilanzen wird vorhandenes Wissen neu zusammengefasst und strukturiert, um neue Erkenntnisse und Bewertungen zu gewinnen. Sie sind in der Regel nicht ausgeglichen, da Energie- und Stoffverluste, wie z. B. bei Abwärme oder Reststoffen in der Produktion, nur ungenau oder gar nicht erfasst werden können. Dagegen entspricht bei einer ausgeglichenen Bilanz die Summe der Mengen der einströmenden Stoffe und Energien den Mengen der das System verlassenden Stoffe und Energien.

Eine signifikante Eigenschaft einer Ökobilanz ist, dass sie die Stoffströme und Wirkungen in allen Umweltmedien, d. h. dem Wasser, Boden und der Luft, bilanziert. Dabei zeigt sich, dass bei diesem Ansatz eine Verschiebung von Umweltproblemen von einem Medium in ein anderes bei ausreichender Datengrundlage erkennbar ist.

In einer Ökobilanz werden Stoffe und Energien aufgelistet und mengenmäßig bewertet. Mit Hilfe von Kennzahlensystemen wird versucht, eine gemeinsame Maßeinheit zu schaffen. Kennzahlen sind Bewertungsgrößen, bei denen die Ergebnisse der Sachbilanz aggregiert, gewichtet oder in Bezug zur Leistung des Systems gesetzt werden. In der Wirkungsabschätzung werden Umweltrelevanz der Energie- und Stoffströme sowie Bestandsgrößen herangezogen. Im Zusammenhang damit wird der Bezug zwischen erhobenen Informationen und möglichen Umweltwirkungen hergestellt, untersucht und beurteilt. Dabei finden beispielsweise naturwissenschaftliche Erkenntnisse über die globale Klimaerwärmung, die toxikologische Wirkung bestimmter Stoffe oder der Beitrag eines Materials zum sauren Regen Verwendung. In der Bilanzbewertung werden verschiedene Wirkungskategorien zueinander gewichtet oder abgewogen. In der Regel werden hier in den seltensten Fällen naturwissenschaftliche Methoden angewandt, da die Wirkzusammenhänge zu komplex sind. Vielmehr fließen starke Werturteile der Gesellschaft und Politik ein, in denen definiert wird, welche Umweltprobleme als vordringlich empfunden werden. In der Vergangenheit wurden verschiedene Verfahren zur Wirkungsabschätzung und Bewertung von Sachbilanzergebnissen entwickelt und eingesetzt.

Die Schwachstellenanalyse schließt sich der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung an oder erfolgt bereits parallel zur Sachbilanz. Hier werden die zu Grunde liegenden Prozesse nach Schwachstellen untersucht und es werden darauf aufbauend verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert.

Ökobilanzen lassen sich aber auch mit speziellen Betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS) zur Ökobilanzierung erarbeiten, die gleichzeitig die Basis für eine automatisierte Umweltberichterstattung darstellen [SS95].

2.4 Umweltberichterstattung

Die Frage der Umweltberichterstattung wird nicht erst durch die jetzt in der EG-Verordnung geforderten Umwelterklärungen relevant, sondern bereits seit Mitte der 70er Jahre verstärkt sich der Trend in der betriebswirtschaftlichen Literatur, neben der ausschließlichen Berücksichtigung der Marktbeziehungen im Rechnungswesen eines Unternehmens zusätzlich die Beziehungen zur Umwelt zu integrieren oder in anderen Rechenwerken zu erfassen und abzubilden [S80]. Die Abbildung der materiellen und energetischen Austauschbeziehungen eines Unternehmens zur ökologischen Umwelt wird im Allgemeinen als Umweltberichterstattung bezeichnet.

Die Gründe bzw. Motivatoren für Unternehmen Umweltberichte und Umwelterklärungen zu erstellen, sind in den resultierenden unternehmensinternen und -externen Vorteilen zu finden. Bezogen auf den externen Nutzen ist an erster Stelle der Imagegewinn als der größte Nutzenfaktor zu benennen. Weiterhin ergibt sich eine Verbesserung der Kommunikation mit Behörden und Kunden und ein erhöhtes Kundeninteresse ist festzustellen. Bei den Unternehmen, die zu den Öko-Pionieren gehören, festigt sich ihre Rolle als Vorbild und Öko-Vorreiter und erhöht ihre Glaubwürdigkeit.

Der unternehmensinterne Nutzen liegt in der höheren Motivation der Mitarbeiter und in der Stärkung ihres Umweltbewusstseins. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist die Nutzung von Umweltberichten und Umwelterklärungen als Instrument zur Erfolgskontrolle und Planung. Die Veröffentlichung von Umweltschutzzielen und -maßnahmen erhöht die Verbindlichkeit gegenüber den Stakeholdern und unterstützt damit auch die interne Durchsetzung. Denn zum einen besteht der Zwang ein Umweltprogramm mit konkreten Maßnahmen zu erstellen, zum anderen wird dieses von den Zielgruppen auf die Umsetzung hin überprüft. Dies gilt insbesondere für die eigenen Mitarbeiter, die in dieser Hinsicht sicher die kritischste und fachkundigste Zielgruppe sind. Ein gut begründetes und dokumentiertes Erfüllen des Umweltprogramms steigert die Glaubwürdigkeit des gesamten Unternehmens.

Die Begriffe „Umwelterklärung“, „Umweltbericht“, „Umweltberichterstattung“ und „Umweltkommunikation“ werden nicht von allen Verwendern gleich interpretiert. Folgende Klärung gilt für diese Arbeit:

- Die *Umwelterklärung* ist für jeden am EG-Öko-Audit-Gemeinschaftssystem beteiligten Standort nach der ersten Umweltprüfung und nach jeder folgenden Betriebsprüfung zu erstellen. Diese wird für die Öffentlichkeit verfasst und in knapper, verständlicher Form geschrieben. Die Umwelterklärung umfasst eine Beschreibung der Tätigkeiten am Standort, eine Beurteilung aller wichtigen Umweltfragen im Zusammenhang mit diesen Tätigkeiten sowie eine Zusammenfassung von Zahlenangaben über Schadstoffemissionen, Abfallaufkommen, Rohstoff-, Energie- und Wasserverbrauch sowie weitere relevante Aspekte. Außerdem sind darin die Umweltpolitik, das Umweltprogramm und das Umweltmanagementsystem des Standortes zu beschreiben. Umweltberichte gemäß Normentwurf DIN 33922 (Leitfaden: Umweltberichte für die Öffentlichkeit) dienen der Berichterstattung einer Organisation für die Öffentlichkeit mit einer Beschreibung und Beurteilung ihrer wesentlichen Umweltaspekte [DIN97].
- Die *Umweltberichterstattung* ist die Gesamtheit aller Maßnahmen zur sachgerechten und wahrheitsgemäßen Unterrichtung von unternehmensinternen und/oder externen Zielgruppen über umweltrelevante Fragen des Unternehmens oder des Standortes. Die Umweltberichterstattung bezieht sich sowohl auf die Ziele und die Aktivitäten im Umweltschutz als auch auf die Beschreibung von Problemlagen und Erfolgen sowie Umweltwirkungen, die durch das Unternehmen und seine Produkte verursacht werden. Umweltberichterstattung kann mündlich oder schriftlich, persönlich oder durch Telekommunikation erfolgen.
- Die Umweltberichterstattung kann als Teil der *Umweltkommunikation* und des Umweltmanagements eines Unternehmens und somit wiederum als Teil einer übergreifenden Unternehmenskommunikation verstanden werden. Sie dient häufig als Mittel zur Vermarktung der betrieblichen Umweltbemühungen. Bei der klassischen Unternehmenskommunikation verläuft der Informationsfluss überwiegend in einer Richtung vom Unternehmen hin zu den Zielgruppen und dient vornehmlich der Absatzsteigerung und Imagebildung. Anzustreben wäre allerdings, insbesondere bei der Umweltkommunikation, eine dialogorientierte Kommunikation zwischen den Unternehmen und ihren Stakeholdern. Erst ein vertrauensvoller Dialog ermöglicht es den Unternehmen die Informationsinteressen ihrer Stakeholder und mögliche Konfliktpotenziale frühzeitig zu erkennen. Umweltberichte, integriert in die Unternehmenskommunikation, können als Basisinstrumente einer solchen dialogorientierten Umweltkommunikation dienen.

Es lassen sich grundsätzlich drei unterschiedliche Anlässe zur Umweltberichterstattung unterscheiden:

- Bei der *unfreiwilligen Umweltberichterstattung* sind die typischen Auslöser Kampagnen von Umweltschutzverbänden, Presseberichte oder Umweltdelikte und Störfälle. Das Unternehmen muss auf den Druck von Medien, Politik, Kunden oder Anwohnern unmittelbar mit Informationen oder Stellungnahmen reagieren. Negative Imageeffekte und Umsatzverluste wären kaum zu vermeiden, so dass die Berichterstattung vornehmlich der Schadensbegrenzung dient.
- Bei der *gesetzlich vorgeschriebenen Umweltberichterstattung* sind Unternehmen durch gesetzliche Vorgaben zur Berichterstattung verpflichtet. Dokumente, die in diesem Zusammenhang erstellt werden müssen, sind z. B. Emissionserklärungen gem. Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG 1991), Informationen über Sicherheitsmaßnahmen gem. Störfall-Verordnung [StörfallVO91] oder Abfallbilanzen und Abfallwirtschaftskonzepte gem. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG 1999).
- Gründe für die *freiwillige Umweltberichterstattung* sind nicht so deutlich erkennbar. Eine Umweltberichterstattung ist immer mit Kosten verbunden. Damit sie freiwillig durchgeführt wird, muss sie einen positiven finanziellen oder immateriellen Beitrag zur Erreichung der Unternehmensziele leisten.

Die Umweltberichterstattung beschränkt sich allerdings nicht zwangsläufig und unmittelbar auf Umweltberichte und -erklärungen, sondern umfasst eine ganze Reihe weiterer Formen, wie z. B.:

- Umweltinformationen im Geschäftsbericht,
- Emissionserklärungen,
- Abfallbilanzen und Abfallwirtschaftskonzepte,
- Abwasserdaten,
- Nachbarschaftsinformationen gemäß den Vorgaben der Störfall-Verordnung (StörfallVO 1991) sowie
- Umweltdaten auf CD-ROM oder im Internet.

Die Umweltwirkungen, die von den Unternehmen und ihren Produkten ausgehen, und die Darstellung ergriffener Maßnahmen zum Schutz der Umwelt, sollen durch Umwelt-

berichte/-erklärungen dokumentiert werden. Dabei sind bei der Erstellung und Verbreitung der Umweltberichte einige Grundsätze der Umweltberichterstattung zu beachten:

- *Kommunikationsgrundsätze:* Zur Steigerung der Glaubwürdigkeit der dargebotenen Informationen fokussieren Kommunikationsgrundsätze auf eine Dialogorientierung und einer Zielgruppengerechtigkeit. Anzustreben ist die Integration der Umweltberichterstattung in das Informationssystem der Unternehmung.
- *Darstellungsgrundsätze:* Im Sinne der Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung (GoB) sind auch hier die Grundsätze der Wahrheit, Klarheit, Wesentlichkeit, Stetigkeit und Vergleichbarkeit zu beachten.
- *Durchführungsbedingungen:* Eine anspruchsvolle Umweltberichterstattung funktioniert nur auf der Grundlage eines kontinuierlichen Öko-Controlling und durch Sammeln und Auswerten von Umweltinformationen bzw. umweltrelevanten Informationen. Die Etablierung eines ständigen Verbesserungsprozesses bedingt das Setzen von Umweltzielen und die Aufstellung von Umweltprogrammen im Rahmen eines Umweltmanagementsystems.

Folgende Mindestanforderungen an den Inhalt der Umweltberichte und -erklärungen lassen sich identifizieren:

1. Das Vorwort der Unternehmensleitung mit Stellungnahmen der Unternehmensleitung zur Bedeutung des Umweltschutzes im Unternehmen.
2. Beschreibung der Unternehmenstätigkeit mit Informationen zum Standort, der Beschäftigtenzahl, dem Umsatz, den Produkten oder Dienstleistungen sowie wichtigen Produktionsverfahren.
3. Umweltleitlinien müssen zum Ausdruck bringen, welche Einstellung das Unternehmen zum Umweltschutz hat und auf welchen Handlungsgrundsätzen die Umweltschutzarbeit aufbaut.
4. Ein Umweltmanagementsystem mit Benennung der Zuständigkeiten im Umweltschutz.
5. Darstellung und Bewertung der vom Unternehmen und seinen Produkten ausgehenden Umweltwirkungen mit einem systematischen Überblick über sämtliche Stoffflüsse mit Angaben über den Verbrauch der wichtigsten Rohstoffe, der Gefahrstoffe, des Energie- und Wasserverbrauchs sowie Mengenangaben über Produkte, Luft-

und Wasseremissionen sowie Abfälle. Zur systematischen Darstellung empfiehlt sich das Input-/Output-Schema einer betrieblichen Stoff- und Energiebilanz.

6. Bei der Bewertung der Stoff- und Energieströme können sowohl gesetzliche Vorschriften als auch firmeninterne Zielsetzungen als Bewertungsmaßstäbe herangezogen werden. Vergleichsgrößen dienen der Veranschaulichung von Sachverhalten. Veränderungen gegenüber Vorjahren machen Fort- oder Rückschritte erkennbar und zeigen, wo das Unternehmen seine Umweltprobleme sieht.
7. In Hinblick auf den gesamten Lebensweg eines Produktes sind Informationen zu Umweltwirkungen in der Vorproduktion, der Gebrauchsphase und bei der Entsorgung von besonderem Interesse. Hierbei werden die mit dem Lebensweg verbundenen Beeinflussungen der Umwelt durch Fluss- oder Bestandsgrößen, wie z. B. Luft-, Wasser- und Bodenbelastung durch Schadstoffe, Verbrauch an Rohstoffen, Energieträgern, Wasser, Flächen, Belastung durch Abfall und Lärm analysiert.
8. Umweltprogramm und Umweltziele zur Erhöhung der Glaubwürdigkeit der Umweltschutzbemühungen eines Unternehmens. Je konkreter die Ziele und Vorgaben spezifiziert sind, desto besser ist deren Umsetzung kontrollierbar.
9. Die wichtigsten Zielgruppen der Umweltberichterstattung sollten direkt angesprochen werden. Berichte über Kontakte und Aktivitäten mit den Zielgruppen erhöhen zusätzlich deren Interesse.
10. Bei den Formalangaben in der Umwelterklärung Angaben zum Umweltgutachter und der Termin für die Vorlage der nächsten Erklärung aufzuführen. Die Angabe von Anschrift, Telefon, Faxnummer, Internetseite und E-Mail-Adresse des Unternehmens sowie die Nennung eines Ansprechpartners ermöglichen Rückmeldungen und -fragen.
11. Informationen zu Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes oder die Einbindung und Schulung von Mitarbeitern in Umweltfragen können ebenfalls in den Bericht aufgenommen werden.

Anforderungen zur Rechnerunterstützung der Umweltberichterstattung resultieren u. a. dadurch, dass die in den Dokumenten enthaltenen Umweltdaten regelmäßig - entsprechend dem Berichtszeitraum - aktualisiert werden müssen. Der enorme Aufwand und die damit verbundenen Kosten für die erforderliche Datenaufbereitung und Generierung der Dokumente führt dazu, dass Automatisierungspotentiale für eine zumindest teilweise rechnergestützte Umweltberichterstattung gefunden werden müssen.

Da Umweltdokumente auf ähnlichen und teilweise überlappenden Informationen basieren und die Anfertigung jedes einzelnen dieser Dokumente sehr aufwendig ist, sollte eine zumindest teilweise Automatisierung des Umweltberichterstattungsprozesses angestrebt werden. Die Automatisierung der Dokumentation basiert auf folgenden Technologien und Techniken:

- Metainformationen sind vielseitig nutzbar. Sie helfen bei der Lokalisierung und Identifikation von Umweltdatenobjekten, bestimmen Sprache und Gültigkeit oder sichern den Zugriff auf bestimmte Informationen (Zugriffsrechte, Benutzerrollen).
- Für die korrekte Zusammenführung von Umweltinformationen und Dokumentbausteinen wird ein Dokumenterzeugungsprozess definiert.
- Für die Aufbereitung des Berichts sind Dokumentbausteine vorzubereiten.
- Für den Aufbau der Dokumente sind Formatvorgaben in Form von Dokumenttypdefinitionen (DTDs) zu erstellen.
- Auf Basis der DTDs und Dokumentbausteine können dann die erforderlichen Umweltdokumente generiert werden.

Anwendungssysteme können den Berichterstattungsprozess von der Inhaltserzeugung bis hin zur Publikation der fertigen Dokumente unterstützen. Hierbei können Workflow-Managementssysteme (WMS) den Prozessablauf in den Anwendungssystemen steuern und überwachen, erkennen Fehler und reagieren entsprechend darauf. Dadurch können der Kosten- und Zeitaufwand bei der Umweltberichterstattung gesenkt und Umweltdokumente wirtschaftlicher erstellt werden. Die Nutzung eines einheitlichen, standardisierten und systemneutralen Daten- und Dokumentformats reduziert die Abhängigkeit von einzelnen Systemanbietern und ermöglicht einen reibungslosen Datenaustausch.

Besondere Nutzenpotenziale ergeben sich aus der Strukturierung und Markierung von Dokumenten. Einmal geschriebene Dokumente können auf viele unterschiedliche Arten formatiert werden, ohne dass am eigentlichen Dokument etwas geändert werden muss. So ist es beispielsweise möglich, ein Dokument einerseits zum Drucken und andererseits als Onlineversion zur Betrachtung im Internet oder Intranet zu formatieren. Die Markierung von Dokumentinhalten ermöglicht die spätere Wiederverwendung. Ohne Zusatzarbeit lassen sich so beispielsweise Informationen aus anderen Umweltdokumenten (Emissionserklärung, Stoffstrombilanz) extrahieren und in den Umweltbericht des Unternehmens aufnehmen bzw. Dokumentteile aus dem Vorjahresbericht in den aktuellen Bericht übernehmen. Die Definition von Dokumentbeschreibungen (DTDs) sichert die Qualität und Vergleichbarkeit der Dokumentinstanzen [S97].

3 Fallstudien

3.1 Ökobilanzierung des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei

Die Hasseröder Brauerei GmbH plante die Einführung eines Umweltmanagementsystems gemäß DIN EN ISO 14001 sowie die Durchführung der Öko-Audit-Zertifizierung auf Grundlage der Verordnung Nr. 1836/93 des Rates der Europäischen Gemeinschaften [EMAS93]. Vor dem Aufbau und der Implementierung eines Umweltmanagementsystems - in Anlehnung an das Vorgehensmodell des Stoffstrommanagements - bietet sich in der Regel die Realisierung einer ersten umfassenden Bestandsaufnahme und Bewertung der umweltrelevanten Tätigkeiten mittels einer Ökobilanzierung an. Das Ziel dieses Projektes war es, die am Bierherstellungsprozess der Hasseröder Brauerei GmbH beteiligten Stoffe und Energien mittels einer Prozessbilanz zu erfassen und mit verschiedenen Kennzahlensystemen abzuschätzen sowie zu bewerten, um aufbauend darauf ökologische Schwachstellen zu lokalisieren und Verbesserungsmöglichkeiten zu benennen.

Für die Prozessbilanz, die durch die Aufnahme aller innerbetrieblichen Prozesse in den Bilanzgrenzen eine betriebliche Ökobilanz ist, wurden die zugrunde liegenden Prozesse in den einzelnen Bereichen der Brauerei erfasst und in einem komplexen Stoffstromnetz mit Hilfe des Softwaretools Umberto abgebildet. Mit einer umfassenden Datensammlung konnten die einzelnen Elemente des Stoffstromnetzes spezifiziert werden. Dadurch wurde die Grundlage zur Berechnung der Sachbilanz geschaffen. Die Bilanzpositionen der Sachbilanz spiegeln die ökologisch relevanten Stoffe und Energien in mengenmäßigen Größen der einzelnen Unternehmensbereiche wider.

In [FLMR00, Anhang C, S. 70] ist die Erstellung des kompletten Stoffstromnetzes des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei als Grundlage zur Berechnung der Sachbilanz dargestellt.

Um die ökologische Schädlichkeit der beteiligten Materialien beurteilen zu können, ist eine Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung durchzuführen. Hierdurch können umweltrelevante Schwachpunkte erkannt und verschiedene Möglichkeiten zu deren Beseitigung erarbeitet werden.

Umberto bietet unterschiedliche Kennzahlensysteme zur Abschätzung und Bewertung an. Allerdings kam es bei deren Anwendung auf die erarbeiteten Sachbilanzen zu Allokationsproblemen zwischen den Elementen des Kennzahlensystems und den Materialien

des Brauereiprojektes. Zahlreiche Brauereimaterialien, Reinigungsmittel und Abfälle konnten in den unterschiedlichen Kennzahlensystemen nicht zugeordnet werden, da sie in der Materialliste von Umberto nicht enthalten sind. Eine Abschätzung und Bewertung allein mit den Materialien, die sich einordnen ließen, ergab keine sinnvollen Ergebnisse. Auch ein Vergleich der Resultate der Kennzahlensysteme, um Schlussfolgerungen auf die Stabilität der Bilanz ziehen zu können, war so nicht möglich.

Zur Lokalisierung von ökologischen Schwachstellen und einer sich anschließenden Maßnahmenplanung empfiehlt sich eine Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung. Diese konnten in dieser in dieser Phase des Projekts aufgrund fehlender Ergebnisse der Kennzahlensysteme jedoch nicht durchgeführt werden. Bei einer Schwachstellenanalyse durch Interpretation der Sachbilanz ergaben sich ebenfalls keine signifikanten ökologischen Schwachstellen.

In [FLMR00, Anhang C, S. 70] und [MR01, Anhang U, S. 267] sind die Ergebnisse der berechneten Sachbilanz und die der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung dargestellt¹.

In der nächsten Phase des Projekts wurde die vorliegende Sachbilanz mit Kennzahlensystemen bewertet. Dabei mussten die bestehenden Kennzahlensysteme so um Elemente erweitert werden, dass diese eine Abschätzung und Bewertung der Stoffe und Energien, deren Zuordnung nicht möglich war, erlaubten. Ebenso konnte die Frage nach einem objektiven Verfahren zur Bewertung der Bilanz oder die Frage nach einer allgemeingültigen Zuordnung von Materialien, die nicht bekannt sind, beantwortet werden. Das Bewertungsverfahren konnte die ökologische Schädlichkeit von bestimmten Materialien aufdecken und ermöglichte eine ökologische Schwachstellenfindung.

In [MRW01, Anhang W, S. 300] sind die Anwendung bestehender Kennzahlensysteme auf die Sachbilanz der Hasseröder Brauerei und deren Weiterentwicklung dargestellt.

3.2 Vergleichende Ökobilanz von Anstrichstoffen mit epoxidierten Derivaten

Das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt finanzierte Projekt hatte zum Ziel, die Auswirkungen auf die Umwelt, die mit der Herstellung und Anwendung eines Anstrichstoffes mit epoxidierten Derivaten in Zusammenhang stehen, unter Zuhilfenahme der Ökobilanz zu beurteilen. Die Erstellung der Ökobilanz erfolgte in Zusammenarbeit mit der BIOMEL GmbH in Dessau. Im zu bilanzierenden Anstrichstoff sollen die sonst in epoxidharz-basierten Anstrichstoffen enthaltenen Lösungsmittel durch einen zur Zeit in

¹ Der Beitrag [MR01] wurde auf Einladung der Herausgeber des International Journal of Environmental Management and Health in einer Sonderausgabe des Journals aufgenommen.

der Entwicklung befindlichen Reaktivverdünner, der sowohl als Lösungsmittel als auch als Bindemittel dient, ersetzt werden. Der Reaktivverdünner wird auf nativer Basis aus dem Öl der Samen der Drachenkopf-Pflanze (*Dracocephalum Lallelantia Lamiaceae*) hergestellt.

Für die Auswertung der Bilanz war es erforderlich, die Stoff- und Energieströme zur Herstellung des Anstrichstoffes auf nativer Basis mit denen eines gleichartigen Anstrichstoffes auf petrochemischer Basis zu vergleichen und auszuwerten. Als Anstrichstoff mit epoxidierten Derivaten wurde eine Epoxydharz-Grundbeschichtung basierend auf Epoxy-Drachenkopfmethylester untersucht. Vergleichsweise dazu wurde der Anstrichstoff „2K-Epoxydharz-Grundbeschichtung weiß“ der Firma WOLA Chemisch-technische Erzeugnisse GmbH als Anstrichstoff auf petrochemischer Basis betrachtet.

Die Untersuchung der beiden Anstrichstoffe wurde zunächst in die zwei Bilanzräume Epoxydharz-Grundbeschichtung basierend auf Epoxy-Drachenkopfmethylester und 2K-Epoxydharz-Grundbeschichtung weiß aufgeteilt, die dann nach Bedarf weiter untergliedert werden konnten. Für die Modellierung der Stoffstromnetze, die mit dem Tool Umberto erfolgte, mussten zunächst die erforderlichen Daten erhoben werden. Dazu gehören die verwendeten Rohstoffe bzw. Vorprodukte inklusive zu deren Herstellung notwendige Roh- und Hilfsstoffe sowie Energie und eventuelle Transporte, die Produktion des Anstrichstoffes sowie die Nutzung und die Entsorgung. Die Datenerhebung erfolgte soweit wie möglich bei den Herstellern. Nach der Modellierung der Stoffstromnetze wurde daraus die Sachbilanz erstellt. Darauf aufbauend erfolgte die Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung.

Die Ergebnisse der Ökobilanz einschließlich der Bilanzbewertung sind in [KMPR02, Anhang I, S. 143] und [MGK03, Anhang O, S. 200] dargestellt.

3.3 Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformation - Fallstudie bei der Volkswagen AG

Ziel dieses Projektes war die Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen. Das Systemkonzept sollte dabei Strukturen und Methoden nach aktuellem technischen und wissenschaftlichen Stand aufweisen. Einige wesentliche Punkte, die es hierbei zu benennen galt, waren

- verteilte integrierte Systeme auf Basis von Client-Server-Technologien,
- weitgehender Gebrauch von Standardsystemen,
- Einbinden externer Datenquellen über geeignete Schnittstellen,

- Einsatz des Business Information Warehouses (BW) der SAP AG,
- Weitgehend automatisiertes Reporting,
- Visualisierung umweltrelevanter Informationen und
- Dokumentenmanagement-Funktionalität.

Ein Hauptkriterium bei der Konzeption war die Abdeckung der wichtigsten Fachaufgaben der Umweltabteilungen bei der Volkswagen AG. Nach den zum Zeitpunkt der Entwicklung des Konzepts verfügbaren Informationen und dem Expertenwissen der Umweltplanung wurde davon ausgegangen, dass die über ein nutzwertbasiertes Ranking ermittelten relevanten umweltbezogenen Fachaufgaben durch die SAP-Komponenten Environmental Monitoring (EM) und Environmental Health and Safety (EH&S) weitestgehend erfüllt werden. Für Aufgaben, die durch diese Systeme nicht erfüllt werden, erfolgt die Abarbeitung in Form separater Einzelsysteme (VW-Eigenentwicklungen), die ihre Ergebnisdaten, ebenso wie die SAP EM- und EH&S-Tools an ein SAP Business Warehouse (BW) liefern. Dort ist eine zielgerichtete Auswahl benötigter Daten aus einer Vielzahl heterogener Quellsysteme sowie die Aggregation und Weiterverarbeitung dieser Informationen möglich. Vor allem lässt sich die für den Bereich der Umweltplanung wesentliche Erstellung von Reporting-Dokumenten über den Business-Explorer des BW durchführen. Die Besonderheit hierbei ist, dass anstelle einer einheitlichen Geldeinheit bei Auswertung verschiedene z. T. inkompatible physikalische Einheiten verwendet werden. Auch die Anbindung eines GIS-Tools für geographische Visualisierungen wird vom BW unterstützt. Durch die Integration häufig verwendeter Systemkomponenten mit einem hohen Vernetzungsgrad in Form von Standardsystemen sowie die Anbindung externer Systeme verkürzen sich nicht nur die Datenübertragungszeiten zwischen den einzelnen Modulen. Zusätzlich reduziert sich der Umfang der gespeicherten Daten, da eine doppelte Datenhaltung entfällt. Dies hat eine Aufwandsreduzierung bei der Dateneingabe zur Folge. Insgesamt wird durch die alternative Systemstruktur eine Optimierung von Aufgabenbearbeitungs- und Datenverarbeitungsprozessen erreicht. Im Falle der VOC-Bilanzierung ist in dem Projekt eine detaillierte aufgabenbezogene Anforderungsdefinition vorgenommen worden, die als Grundlage zur Implementierung des DV-technischen Konzepts im Bereich dieser Fachaufgabe dienen soll. In dieser Weise ist zur Umsetzung des Gesamtsystems mit allen Fachaufgaben zu verfahren [MGR04, Anhang P, S. 211].

Zur wissenschaftlichen Unterstützung des entwickelten integrierten Szenarios eines BUIS wurde das PROMETHEE-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung angewendet, bei dem das bislang im Einsatz befindliche System neben dem in drei Umsetzungsstufen gegliederten integrierten Konzept bewertet wurde [G99]. Die der Anwendung

dieses Verfahrens zu Grunde liegenden Kriterien, Gewichtungen und Bewertungen sind aus Experteneinschätzungen von sowohl fachlicher als auch technischer Seite hervorgegangen. Auf Basis dieser Daten lieferte das Verfahren Ergebnisse, welche die Entscheidung zugunsten des integrierten Konzepts und seiner Umsetzungsstufen eindeutig nahe legen. Die Überlegenheit des in diesem Projekt entwickelten Systems für Umweltinformationen wird somit nicht nur durch die Verfolgung des Integrationsansatzes eines Data Warehouses und die weitgehende Abdeckung der umweltrelevanten Fachaufgaben, sondern auch durch das Ergebnis des multikriteriellen Verfahrens zur Entscheidungsunterstützung zugunsten des neu entwickelten integrativen Konzepts gezeigt.

In [MGR04b, Anhang Q, S. 222] wird das Konzept für ein Umweltinformationssystem basierend auf Standardsystemkomponenten in Verbindung mit einem Business Information Warehouse vorgestellt. Die Vorzüge des Systems werden hierbei durch ein multikriterielles Verfahren zur Entscheidungsunterstützung anschaulich herausgestellt.

3.4 Modellierung eines Data Warehouse für den Umweltschutz - Fallstudie bei der Volkswagen AG

Ziel des Projekts war die Modellierung, d. h. die Erstellung eines Star- und Snowflake Schemas, eines Data Marts für einen ausgewählten Bereich des Umweltmanagements bei Volkswagen. Dabei war zu berücksichtigen, dass dieses Schema ggf. mit dem Data-Warehouse-System SAP BW implementiert werden muss. Des Weiteren ist eine Empfehlung für eine prototypische Implementierung des Data Warehouse zu erarbeiten.

Für die Modellierung des Data Warehouse wurde das Vorgehensmodell von Lehmann/Rautenstrauch [LR01] angewendet. Dieses Vorgehensmodell beginnt mit der Bereitstellung einer Aussagensammlung und Definition der Fachterminologie. Hiefür wurden eigens Interviews mit den Informationsnachfragern, d. h. mit Repräsentanten der Fachabteilungen geführt. Auf der Grundlage der Aussagensammlung und der Fachtermini lassen sich Fakten und Dimensionen beschreiben. Diese sind konsistent zueinander zu definieren. Anhand der vorher definierten Fachsprache erfolgte im nächsten Schritt die Bereinigung der Aussagensammlung. Nach der Bereinigung der Aussagensammlung konnte das Star-Schema abgeleitet werden. Die hierdurch beschriebenen Fakten werden zu Kennzahlensystemen und die Dimensionen zu Dimensionshierarchien verfeinert. Ergebnis der Verfeinerung sind dann die Snowflake Schemata. Durch Verbindung der Snowflakes über gemeinsame Dimensionen entsteht das finale Galaxy-Schema.

In [GMR04, Anhang D, S. 88] ist die Modellierung des Data Warehouse für die VW AG dargestellt.

4 Umweltkommunikation durch eine internetbasierte automatisierte Umweltberichterstattung

4.1 Zielgruppenorientierung

Der Umweltberichterstattung kommt aufgrund des erhöhten Bedarfs an Informationen in der Gesellschaft über die Umweltwirkungen von Unternehmen eine besondere Bedeutung zu. Bei der Umweltkommunikation werden unternehmensbedingte Umweltwirkungen unter Zuhilfenahme von Printmedien oder auch elektronischen Medien (Internet, Hörfunk und Fernsehen) publiziert. Dazu zählen Werbebroschüren, Plakate, Flugblätter, Marketingkampagnen für Produkte und Umweltzeitungen über Public Relations durch Pressemitteilungen, Fachgespräche, Expertenmeetings, Umwelt-Sponsoring und „Umwelttage der offenen Tür“.

Des Weiteren ist die Umweltberichterstattung in der Rechnungslegung durch eine gesonderte Ausweisung von Umweltinformationen in Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung, Lagebericht, Anhang und Geschäftsbericht enthalten. Ausführliche, offene und problemorientierte Publikationen über Umweltwirkungen und Umweltschutzaktivitäten von Unternehmen werden in eigenständigen Umweltberichten und Umwelterklärungen veröffentlicht. In Deutschland ist eine deutliche Entwicklung in der Umweltberichterstattung festzustellen. Im Jahre 2002 haben über 2500 Unternehmen einen eigenständigen Umweltbericht veröffentlicht. Weltweit wird die Anzahl auf weit über 10000 Unternehmen oder Standorte mit einem eigenständigen Umweltbericht geschätzt [CF96].

Als eine Reaktion auf den gestiegenen Informationsbedarf der verschiedenen Zielgruppen hat die betriebliche Umweltberichterstattung über Umweltwirkungen und Umweltschutzaktivitäten von Unternehmen zu vermitteln. Hierbei soll der jeweiligen Zielgruppe ein Einblick in die betrieblich bedingten Umweltwirkungen gewährt werden, die durch Produkte und Prozesse verursacht werden. Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung dokumentieren Unternehmen anhand der Umweltberichterstattung ihre Verantwortung zum Umweltschutz sowie bereits ergriffene und geplante Umweltschutzaktivitäten.

Bei der Umweltberichterstattung und der damit verbundenen Offenlegung der Umweltbelange lassen sich drei Hauptfunktionen ausmachen. Hierbei handelt es sich um eine Steuerungsfunktion, eine Informationsfunktion und eine Kommunikationsfunktion. Die drei Funktionen sind eng miteinander verflochten und beziehen sich auf den unternehmensexternen als auch auf den -internen Bereich gleichermaßen.

Die Funktionen erfüllen folgende Zwecke:

- Bei der *Steuerungsfunktion* stehen die Steuerung der Stoff- und Energieflüsse und die Verminderung der Inanspruchnahme von Primärrohstoffen im Vordergrund. In erster Linie sollen ökologische Schwachstellen durch ein Stoffstrommanagement identifiziert werden. Die ermittelten Stoff- und Energieflüsse bilden die Grundlage für quantifizierte Angaben. Für die Steuerung bedient man sich der Daten aus dem betrieblichen Rechnungswesen. Umweltberichterstattung auf der einen und Kostenrechnung auf der anderen Seite basieren auf dem Mengengerüst der Produktionsplanung und -steuerung. Das Mengengerüst wiederum bildet die Grundlage für das Wertgerüst in der Kostenrechnung. Die Produktionsplanung kann durch ein betriebliches Umweltinformationssystem (BUIS) unterstützt werden. Die Unterstützung eines BUIS für die Umweltberichterstattung bezieht sich überwiegend auf die mengen- und wertmäßige Erfassung der produkt- und prozessbezogenen Umweltwirkungen durch die Erstellung von Ökobilanzen sowie auf die Unterstützung bei der Zuordnung von Umweltkosten auf Kostenträger. In [MR01, Anhang U, S. 267] ist die auf dem Stoffstrommanagement basierende Ökobilanzierung des Bierherstellungsprozesses dargestellt.
- Bei der *Informationsfunktion* dient die Umweltberichterstattung einerseits der Vermittlung von Umweltschutzziele und -aktivitäten und andererseits der Vermittlung von produkt- und prozessbezogenen Umweltwirkungen, die mit den Unternehmensaktivitäten einhergehen. Ziel ist es eine transparente und glaubwürdige Information im Hinblick auf eine kontinuierliche Verbesserung der betrieblichen Umweltschutzaktivitäten zu erreichen. Als relevante Adressaten der Umweltberichterstattung werden sämtliche internen und externen Zielgruppen von Unternehmen oder von einzelnen Standorten angesprochen.
- Die *Kommunikationsfunktion* geht über die Informationsfunktion hinaus. Sie beinhaltet explizit den Dialog mit den Zielgruppen von Unternehmen und gilt als zentral für die Umweltberichterstattung. Der gegenseitige Austausch von Informationen zwischen Unternehmen und Zielgruppen, die Förderung von Verständnis für unterschiedliche Sichtweisen und Probleme, die Vertrauensbildung sowie der Aufbau und die Sicherung von Akzeptanz stehen im Mittelpunkt der Kommunikationsfunktion. Reaktionen, Rückmeldungen und vertiefte Nachfragen aus den Zielgruppen können umweltrelevante Anregungen und Hinweise für Verbesserungen der betrieblichen Umweltschutzaktivitäten enthalten.

Unter Berücksichtigung der drei o. g. Hauptfunktionen wird in [IM04, Anhang G, S. 116] ein Framework zur zielgruppenorientierten Umweltberichterstattung vorgestellt.

4.2 Vorteile und Nutzen von XML für die Umweltberichterstattung

Durch die konsequente Nutzung und Ausschöpfung aller sich ergebenden Unterstützungspotenziale für eine automatisierte und internetbasierte Umweltberichterstattung können umweltberichterstattende Unternehmen, die mit den Entwicklungstendenzen einhergehenden Herausforderungen bewältigen. Ein hierbei wichtiger Gesichtspunkt ist der Einsatz und Verwendung von XML (Extensible Markup Language). Durch den Einsatz von XML können aktuelle Herausforderungen, wie z. B. die Zielgruppenorientierung und die Erkennung von Gestaltungsspielräumen gemeistert werden. Als Ergebnis hieraus sind Wettbewerbschancen und -vorteile, die sich durch Rationalisierungspotenziale aus Unternehmenssicht ergeben, zu benennen. Gründe dafür sind, dass XML in besonderem Maße die effiziente Erstellung, Verwaltung und Verteilung von Umweltberichten unterstützt. Weiterhin beziehen sich die Unterstützungspotenziale von XML auch auf die Präsentation von Umweltberichten. Sie dienen aus Nutzersicht der Zielgruppenorientierung in der Umweltberichterstattung.

Im engeren Sinne repräsentiert XML eine Metasprache zur Definition von verschiedenen Auszeichnungssprachen. Im weiteren Sinne wird die Auszeichnungssprache XML hier als Oberbegriff für eine Reihe von assoziierten und auf der Metasprache XML basierenden Technologien wie z. B. Extensible Linking Language (XLink/XPointer), Extensible Stylesheet Language (XSL), Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT), Extensible Stylesheet Language Formatting Objects (XSL FO), XML Path Language (XPath), Document Object Model/Simple API for XML (DOM/SAX) und Ressource Description Framework (RDF) verstanden. Die Eignung und der nutzenbringende Einsatz von XML in der Betrieblichen Umweltinformatik und im Umweltdokumentenmanagement generell ist unumstritten und in vielen Veröffentlichungen und Aufsätzen hervorgehoben und dokumentiert worden [RDKN01], [S99] und [LIR01].

Die besondere Eignung von XML beruht auf den Eigenschaften Wiederverwendbarkeit, Austauschbarkeit und Trennung zwischen Inhalt, Struktur und Darstellung. XML ist systemneutral, plattformunabhängig, erweiterbar, für Internetanwendungen angepasst und strukturiert. In XML erstellte Dokumente sind maschinell auswertbar und ermöglichen die Lesbarkeit durch einen menschlichen Nutzer. Daneben wird XML im Vergleich zu anderen Datenformaten speziell für die Betriebliche Umweltberichterstattung von Unternehmen als außerordentlich vorteilhaft und nützlich betrachtet.

Die signifikanten Vorteile, die sich durch den Einsatz von XML für eine automatisierte Umweltberichterstattung ergeben und die damit einhergehenden Nutzenpotenziale, werden in [KMR01, Anhang J, S. 147] beschrieben.

4.3 Entwurf einer DTD für die Umweltberichterstattung

Die in den Berichterstattungsprozess eingehenden Funktionen umfassen im Wesentlichen die Beschaffung, Erzeugung, Aufbereitung, Verwaltung, Verarbeitung und Wiederverwendung von umweltrelevanten Informationen (Darstellung der Stoff- und Energieströme in Form einer Sachbilanz bis hin zur Bewertung der Umweltwirkungen eines Produktes oder Unternehmens durch die Bilanzbewertung) sowie deren Präsentation und Publikation. Grundlage für den Einsatz von XML für die Umweltberichterstattung ist hierbei die Festlegung der Dokumentstruktur in einer DTD. Die DTD kann im XML-Dokument selbst gespeichert werden. Im Hinblick auf die Trennung von Inhalt, Struktur und Darstellung ist jedoch die Speicherung in einer externen Datei zu bevorzugen. In diesem Fall besteht der zweite Teil des XML-Dokuments aus der Dokumententyp Deklaration, d. h. dem Verweis auf die DTD. Im dritten Teil sind die Inhalte des XML-Dokuments ausgehend von dem Wurzelement in hierarchisch verschachtelten Elementen hinterlegt.

In der DTD wird festgelegt, welche Elemente in einem XML-Dokument verwendet werden dürfen, wie sie verschachtelt werden können, welche Attribute sie tragen dürfen und welche Datentypen für die Element- und Attributinhalt erlaubt sind. Träger von Inhalten können sowohl Elemente selbst als auch Attribute sein. In [KMR01, Anhang J, S. 147] wird die Modellierung geeigneter Dokumentenstrukturen, die als Basis zur Implementierung der Dokumenttypmodelle für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML dienlich sind, im Detail beschrieben.

Durch die Festlegung von obligatorischen und optionalen Bestandteilen wird die Struktur der auf Grundlage der DTD erstellten XML-Dokumente standardisiert. Bei der Nutzung von XML für die Umweltberichterstattung ist so eine Mindestqualität gewährleistet. Bei der Erstellung einer allgemeingültigen DTD für Umweltberichte müssen einschlägige Strukturvorschläge, wichtige Leitfäden [UNEP94], bisherige Ausprägungen von Umweltberichten sowie Anforderungen von Zielgruppen einbezogen werden [FUT94]. In einem zweiten Beitrag² [AM04, Anhang A, S. 51] zu der Thematik ist die Entwicklung einer vollständigen XML-basierten DTD für Umweltberichte dargestellt.

Die entwickelte Dokumenttypdefinition ist von unterschiedlichen Anwendungskontexten weitgehend abstrahiert und kann bei Bedarf branchen- und unternehmensspezifisch verfeinert werden. Durch die Einbeziehung der Anforderungen aus Richtlinien und Normen sowie der existierenden Umweltberichte wird ein inhaltliches und strukturelles Qualitätsniveau für Umweltberichte gesichert.

² Dieser Beitrag wurde auf Empfehlung des Programmkomitees der ITEE'2003 in eine Sonderausgabe des International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD 3) aufgenommen.

4.4 Standardisierung von DTDs zur Umweltberichterstattung

Die Gründe, die ein Unternehmen dazu bewegen, eine Umweltberichterstattung durchzuführen, können sehr vielfältig sein. Es ist eine freiwillige von einer obligatorischen bzw. gesetzlich geforderten Umweltberichterstattung zu unterscheiden. Bei der freiwilligen Umweltberichterstattung ist wiederum nach Stakeholdern zu unterscheiden. Sie ist Teil der Marketing getriebenen Kommunikationspolitik des Unternehmens und soll eine qualitative Wirkung auf das Image ausüben. Die Kosten für die freiwillige Umweltberichterstattung sind damit Marketingkosten und hier auch zu budgetieren. Die Kosten für die gesetzlich geforderte Umweltberichterstattung sind Verwaltungsgemeinkosten. Damit wird auch ersichtlich, dass es keine Umweltkosten gibt. Den Kosten für die Umweltberichterstattung stehen keine direkten Erlöse gegenüber. Das wirtschaftliche Ziel der Standardisierung und Automatisierung ist daher die Kostenreduzierung der zielgruppenorientierten Umweltberichterstattung.

Zur Aufstellung eines Umweltberichtes kommen sowohl unternehmensinterne Gründe, wie z. B.

- ökologisches Verantwortungsgefühl,
- Aufnahme des Umweltschutzes als weiteres Sachziel in das unternehmerische Zielsystem,
- Reduktion des unternehmensinternen Informationsmangels über die Umweltbeziehungen des Unternehmens,
- Aufbau eines Ökologie orientierten Controlling systems

als auch unternehmensexterne Gründe, wie z. B.

- Druck der Öffentlichkeit und der Marktpartner,
- hohe Änderungsgeschwindigkeit und stetige Verschärfung des Umweltrechtes

in Betracht. Die Aufgabe der Umweltberichterstattung im Rahmen eines betrieblichen Umweltinformationssystems ist die Weitergabe von aufbereiteten Umweltdaten an bestimmte Adressaten (Kapitalgeber, staatliche Institutionen, Marktpartner, Umweltschutzorganisationen, Bürgerinitiativen, Massenmedien, Arbeitnehmer, Unternehmensleitung, Aufsichtsrat, Umweltschutzbeauftragte und Betriebsrat). Die Umweltberichterstattung soll hierbei nun maßgeschneiderte aktuelle Berichte verfügbar halten und dabei auch wirtschaftlich sein. Angesichts der verschiedenen Anforderungen der Adressaten an die Umweltberichte erscheint der Trend zur internetbasierten Umweltberichterstattung sinnvoll und notwendig. Der Einsatz der Auszeichnungssprache XML bietet hier-

bei große Gestaltungsfreiräume und eröffnet im Sinne einer Automatisierung der Umweltberichterstattung enorme Potenziale. Hierbei ist das Kernstück einer internetbasier- ten Umweltberichterstattung eine umfassende XML-basierte DTD für Umweltberichte und -dokumente allgemein. Die DTD ermöglicht eine flexible, effiziente und zielgrup- pengerechte Umweltberichterstattung mit einer durchgängigen Prozessunterstützung. Das betrifft in erster Linie die automatisierte Erstellung, Verwaltung, Verteilung und Präsentation von Umweltberichten. Zurzeit existieren mehrere Entwürfe für DTDs für Umweltdokumente. Eine Standardisierung der DTDs erscheint deshalb erforderlich und unumgänglich. Hierbei sollen die jeweils gewonnenen Erkenntnisse ausgetauscht und damit die Bemühungen um eine einheitliche Basis für die Beschreibung und den Aus- tausch von Umweltdaten in Form einer EML (Environmental Markup Language) unter- stützt werden [EML00]. Ziel ist es u. a., eine XML-basierte Sprache zur Beschreibung von Umweltdaten bereitzustellen. Erstes Ergebnis dieser Bemühungen ist ein Vorschlag für eine Kernmenge an EML-Metadatenelementen. Somit können Informationen über Datensatz, Datenquelle, Indexierung, Anwendungsbereich, Zeitbezug und Informati- onsverantwortung einem Umweltdatenobjekt zugeordnet werden. Die Kernmetadaten eignen sich zur Erfassung von Klassifizierungs- und Verwaltungsinformationen für Umweltberichte. Des Weiteren unterstützt eine standardisierte XML-basierte DTD den Umweltberichterstattungsprozess durch Erschließung der Potenziale, die sich aus den Internettechnologien und -diensten ergeben.

Für die Standardisierung einer XML-basierten DTD zur Umweltberichterstattung wurde im Rahmen dieses Habilitationsprojektes auf drei unabhängig voneinander entwickelte DTDs zurückgegriffen [L03]. Eine DTD wurde am Lehrstuhl für Betriebsinformatik und Operations Research (BiOR) der Universität Kaiserslautern entworfen. Eine weitere DTD wurde vom Institut für Wirtschaftsinformatik an der Berliner Humboldt- Universität empfohlen [AFKS01]. Am Institut für Technische und Betriebliche Informa- tionssysteme der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wurde ebenfalls eine DTD vorgelegt [AM04, Anhang A, S. 51].

Bei der Standardisierung selbst wurde in zwei Stufen vorgegangen. In der ersten Stufe erfolgte die Harmonisierung auf der ersten Gliederungsebene, d. h. die Vereinheitli- chung der Elemente auf der obersten Ebene der einzelnen DTDs. Das Resultat ist eine Anzahl potenzieller semantischer Komponenten bestehend aus insgesamt 12 Elementen. Es gehen nur die semantischen Komponenten ein, die durchgängig in allen drei DTDs gefunden wurden. Des Weiteren gehen die semantischen Komponenten ein, die durch Vorschrift bzw. Standards, Zielgruppenanforderungen und Dokumentinstanzanalysen als erforderlich identifiziert wurden. In [LIMKA02, Anhang K, S. 159] und [MI04, An- hang S, S. 249] ist der Standardisierungsansatz auf der ersten Ebene im Detail beschrie-

ben. Im nächsten Schritt erfolgte die Harmonisierung auf der zweiten Gliederungsebene. Als Grundlage hierfür wurden zunächst die drei vorgeschlagenen DTDs einzeln charakterisiert und die dabei hervortretenden Unterschiede und Abweichungen anhand des jeweiligen Entwurfdesigns erläutert. Damit ließen sich substantielle Restriktionen ableiten. Des Weiteren wurden Strukturvorschläge zur Umweltberichterstattung nach EMAS I/II in Europa sowie auf internationaler Ebene die Vorgaben der Normenreihe EN ISO 14000 mit einbezogen. In [IBMA03, Anhang F, S. 108] und [ILMKA02, Anhang H, S. 130] ist die Standardisierung auf der zweiten Gliederungsebene dargestellt.

In einem nächsten Schritt sollen die erzielten Ergebnisse aus den Standardisierungsbemühungen an ein Standardisierungskonsortium wie z. B. das W3C übergeben werden. Erste Gespräche dazu wurden bereits geführt.

4.5 Automatisierung der Umweltberichterstattung

Umweltdokumente, insbesondere Umwelterklärungen und -berichte, werden bislang in einem mehrstufigen, mehr oder weniger strukturierten Bearbeitungsprozess unter Mitwirkung verschiedener Autoren und unter Nutzung unterschiedlicher Datenquellen mit heterogenen Strukturierungsgraden produziert. Die Formalisierung der Umweltberichte unterstützt durch die Definition der Dokumentstrukturen die Systematisierung des Bearbeitungsprozesses. Liegen alle relevanten Datenquellen strukturiert vor, könnten die zur Umweltberichterstattung notwendigen Dokumente durch Überführung der Basisstrukturen in die Zielstrukturen der gewünschten Informationsprodukte generiert werden. So lassen sich beispielsweise die in verschiedenen Dokumenten artikulierten umweltpolitischen Richtlinien des Unternehmens anhand von identifizierenden Markierungen in den Umweltbericht integrieren.

Für eine Rechnerunterstützung und Automatisierung bei der Erstellung von Umweltberichten ist durch die entwickelte DTD eine wichtige Voraussetzung geschaffen worden. Die DTD gibt an, welche Inhalte in einzelnen Strukturmustern im Umweltbericht vorhanden sein müssen oder dürfen und formuliert damit ein klares Arbeitsfundament für die Autoren. Die einzelnen Umweltberichtsteile können auf Gültigkeit überprüft und auf einfache Weise zu einem Gesamtdokument zusammengefügt werden. Die durch die DTD eindeutig vorgegebene Dokumentstruktur ermöglicht darüber hinaus, Anwendungssysteme zu programmieren, die gezielt auf Bestandteile innerhalb eines Dokuments zugreifen oder einzelne Elemente mit Inhalten füllen. Diese Möglichkeit des Zugriffs auf die Auswertungskomponente des Betrieblichen Umweltinformationssys-

tems Umberto als Anwendungssystem ist in [M04, Anhang L, S. 168] und [MARI03, Anhang N, S. 190] dargestellt³.

Für die Unterstützung des Automatisierungsprozesses muss untersucht werden, wie die Erstellung, Bearbeitung und Verwaltung strukturierter Inhalte für Umweltdokumente durchgeführt werden kann. Der Schwerpunkt liegt dabei in einer automatischen Überführung von Ökobilanzdaten in eine XML-Form und der Integration in einen Umweltbericht. Die Übernahme von Bilanzdaten und Kennzahlen ist systemabhängig und wurde am Beispiel des Softwaretools Umberto redigiert. Die dadurch einheitlich strukturierten Inhalte bilden die Grundlage für die automatische Generierung von Umweltberichten zur Präsentation und Publikation. Im Beitrag⁴ [MA04, Anhang M, S. 180] ist eine rechnergestützte Automatisierung der Umweltberichterstattung mit dem Tool Umberto am Beispiel der Hasseröder Brauerei dargestellt.

4.6 Einsatz von XML Schema für die automatisierte Umweltberichterstattung

Um den hohen Ansprüchen der Zielgruppen gerecht zu werden, erfordert eine automatisierte Umweltberichterstattung heutzutage den Einsatz moderner zukunftsfähiger Technologien. Das Interesse bzw. Informationsbedürfnis und die Anzahl der verschiedenen Adressaten ist stetig gestiegen und macht eine zielgruppengerechte Umweltberichterstattung und Aufbereitung der Daten für verschiedenste Personen erforderlich. Der erste Schritt für die automatisierte Generierung von Dokumenten ist die Verwendung von XML und die Entwicklung einer DTD als Grundlage für ein Anwendungssystem zur Erstellung und zielgruppengerechten Präsentation von Umweltberichten. Die erstellte DTD ermöglicht es, die generierten XML Dokumente auf formale Korrektheit zu prüfen. Um eine bessere Strukturierung der Daten und eine einfachere maschinelle Verarbeitung von standardisierten Vorlagen zu ermöglichen, muss allerdings die Struktur von Daten und Metadaten vereinheitlicht werden. Bisher ist dies durch die Verwendung von DTDs nicht erreicht worden. Ein vom World Wide Web Consortium (W3C) dafür vorgeschlagener Ansatz ist die Verwendung von XML Schema, um eine festgelegte Dokumentstruktur für XML-Dokumente vorzugeben und die generierten Dokumente dann auch in einem weiteren Schritt mit Hilfe des XML Schemas zu validieren.

XML Schema ist eine viel versprechende Alternative zu DTDs, die es ermöglicht, eine Klasse für XML Dokumente zu definieren und diese gegen die Instanzen von XML Dokumenten zu validieren, d. h. auf strukturelle Gültigkeit hin zu überprüfen. XML

³ Der Beitrag [M04] ist auf Einladung der Herausgeber des International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD 2) in eine Sonderausgabe des Journals aufgenommen worden.

⁴ Dieser Beitrag ist auf Einladung der Herausgeber des Journals Management of Environmental Quality: An International Journal (MEQ) in eine Sonderausgabe des Journals aufgenommen worden.

Schema ermöglicht auch die Formulierung komplexer Beschränkungen bei der Verwendung von Elementen und Attributen, die weit über die Möglichkeiten von DTDs hinausgehen. Ein XML Schema ist eine formale Beschreibung eines gültigen XML Dokumentes, wobei ein Schema selbst auch ein XML Dokument ist.

Die Motivation der Verwendung von XML und XML Schema für die Umweltberichterstattung sind die sich aus deren Verwendung ergebenden Vorteile im Hinblick auf automatische Generierung, Validierung und Zukunftsfähigkeit der damit erstellten Umweltberichte und deren Vorlagen. Bedingt durch die Verwendung von XML in Anwendungen mit großen Datenmengen, wie z. B. auch die Umweltberichterstattung, erscheint eine weitergehende exakte Kontrolle der Inhalte von Elementen und Attributen immer wichtiger. Dies wird durch die Verwendung von XML Schema möglich.

Das XML Schema auf Grundlage der bereits vorhandenen DTDs für den Umweltbericht der Hasseröder Brauerei wurde in drei Schritten entwickelt. Im ersten Schritt erfolgte die automatische Umwandlung der DTDs in zwei XML Schemata unter Verwendung des Tools XMLSpy. Das Ausgabeformat ist in diesem Fall vom Typ W3C Schema und erlaubt die Erstellung komplexer Elemente als komplexe Datentypen zur Einführung von entsprechenden Restriktionen. Elemente die nur einmal verwendet werden, sollen lokal definiert werden, damit es keine Überschneidungen mit anderen Elementen gibt. Im zweiten Schritt erfolgte die manuelle Nachbesserung der generierten XML Schemata. Anschließend erfolgt die Validierung der Instanzen des Hasseröder Umweltberichts gegen die erstellten XML Schemata.

Der komplette Entwurfsprozess eines XML Schemas für die automatisierte Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung auf der Grundlage der Global Reporting Initiative Guidelines (GRI) ist in [MHI04, Anhang R, S. 233] dargestellt.

4.7 Nachhaltigkeitsberichterstattung

Gestützt durch die internationale Normentwicklung ist festzustellen, dass sich sowohl die Bedeutung als auch die Qualität und Verbreitung der Umweltberichterstattung weiter erhöht. Anspruchsvolle Umweltberichte/-erklärungen gehören somit sehr bald zum „State of the Art“ moderner Unternehmensführung. Da Umweltfragen inzwischen von den Unternehmen immer stärker auch als Teil einer nachhaltig zukunftsorientierten Entwicklung begriffen werden, ist in den nächsten Jahren mit einem Wandel von der Umwelt- zur Nachhaltigkeitsberichterstattung zu rechnen.

Aufgrund der besonderen Beachtung, der man der Nachhaltigkeitsberichterstattung seit neuestem schenken muss, soll sie daher ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Arbeit

sein. Die Konzepte zur Nachhaltigkeitsberichterstattung werden vornehmlich von der GRI vorgegeben. Die GRI ist ein langfristiger, viele Stakeholder einbeziehender, internationaler Prozess, dessen Auftrag es ist, einen weltweit anwendbaren Leitfaden der Nachhaltigkeitsberichterstattung zu entwickeln und zu verbreiten. Der GRI Leitfaden ist für die freiwillige Anwendung durch Organisationen gedacht, die über die wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte ihrer Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen Bericht erstatten wollen. Das Ziel des GRI Leitfadens ist es, Bericht erstattende Organisationen bei der Gliederung und der Erstellung von Beiträgen zur nachhaltigen Entwicklung zu unterstützen und ihren Stakeholdern das Verständnis des Nachhaltigkeitsberichts zu erleichtern.

Durch die Umwelterklärung der EMAS-Verordnung können Unternehmen auf freiwilliger Basis Nachhaltigkeitsberichte erstellen. Die Teilnahme am EMAS macht es möglich, alle umweltrelevanten Aktivitäten eines Unternehmens oder einer Organisation auf den Prüfstand zu stellen und systematisch zu verbessern. In dieser Art von Berichten stellen sich die Unternehmen zunehmend ganzheitlich dar und präsentieren zugleich ihren wirtschaftlichen Erfolg, ihre soziale Rolle in der Gesellschaft sowie ihren ökologischen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt. In Nachhaltigkeitsberichten wachsen also die Inhalte aus den drei bislang getrennten Berichtsarten zusammen:

- Geschäftsberichte,
- Umweltberichte und
- Sozialberichte.

Unternehmungen setzen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung zunehmend auf das Internet sowie die damit entstandenen neuen Möglichkeiten der inhaltlichen Zusammenführung, der erweiterten Kommunikation und der effizienten Informationsaufbereitung. Es ist jedoch anzumerken, dass sich viele Unternehmen sowohl inhaltlich in der Zusammenführung der Berichte als auch methodisch in der Nutzung der technischen Möglichkeiten für einen Stakeholder-Dialog und eine maßgeschneiderte Kommunikation im Sinne der Zielgruppenspezifizierung erst am Anfang befinden.

Die Berichterstattung der Unternehmungen vollzieht insgesamt einen Wandel. Dieser wird durch die technischen Unterstützungspotenziale moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), insbesondere beeinflusst durch das Internet, gefördert. An die Stelle der gesetzlich verordneten „Last“ zur Veröffentlichung des Jahresabschlusses von Unternehmen (vor allem für die Shareholder) tritt nunmehr die „Lust“ der Kommunikation mit der Gesamtheit der Zielgruppen (Stakeholder). Im Wettbewerb um die Aufmerksamkeit der Stakeholder nimmt die Nutzung des Internet für die Nachhaltigkeitsberichterstattung wesentlich an Bedeutung zu. Das Internet er-

möglicht eine effiziente, inhaltlich integrierte und zielgruppenspezifische Unternehmenskommunikation [L03].

In [IBBM04, Anhang E, S. 96] wird ein in Zusammenarbeit zwischen der Universität Kaiserslautern und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg entwickeltes Softwaretool zur internetbasierten Nachhaltigkeitsberichterstattung vorgestellt. Dies ist nach den neuesten Gesichtspunkten zur Nachhaltigkeitsberichterstattung entwickelt worden, wie z. B.

- Berücksichtigung der Kernthemen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung,
- verschiedene Medien (Printmedien, Internet, CD-ROM),
- Möglichkeiten zur Verteilung der Berichte (push, pull),
- Präsentationsformen (medienspezifisch, zielgruppenorientiert).

Obwohl das aktuell bedeutende Thema der internetbasierten Nachhaltigkeitsberichterstattung in dieser Arbeit mit nur zwei Veröffentlichungen abgehandelt wurde, bildet es doch eine wichtige Komponente innerhalb des hier dargestellten Projekts und zukünftiger Forschungsaktivitäten. Dies zeigt sich u. a. in einigen anstehenden Journalpublikationen, in einem Buchprojekt mit dem Titel „Internetbasierte Umwelt- und Nachhaltigkeitskommunikation: Trends, Inhalte, Medien, Technologien“ und in der Leitung der Session „Corporate Sustainability Communication and Reporting“ im Rahmen der internationalen Konferenz „Informatik für den Umweltschutz (EnviroInfo 2004)“ in Genf.

5 Seiteneffekte

5.1 Anpassung von Kennzahlensystemen zur Bilanzbewertung und Analyse

Die Stoffstromanalyse ermöglicht eine input- und outputseitige Bilanzierung der ökologisch relevanten Stoff- und Energieströme, bezogen auf einen Einzelprozess, ein Unternehmen, ein Produkt usw. Stoffe können hierbei sowohl Einzelstoffe (z. B. im Sinne von chemischen Elementen oder Verbindungen) als auch Güter auf einer höheren stofflichen Aggregationsebene sein (z. B. Rohstoffe, Produkte, Emissionen, Abfälle). Energieströme werden, von unterschiedlichen Maßeinheiten abgesehen, weitgehend gleich wie Stoffströme bilanziert. Falls erforderlich, wird eine Prozesskettenanalyse durchgeführt, bei der ein Gesamtsystem in Teilprozesse unterteilt wird, die zueinander mittels ihrer Stoff- und Energieströme in Verbindung stehen. Ein Produktlebensweg wird somit in einzelne Teilprozesse, z. B. aus den Bereichen Herstellung, Transport, Nutzung oder Abfallbehandlung zerlegt. Für jeden Teilprozess werden die Input- und Outputströme dargestellt.

Im Rahmen der Erstellung einer Ökobilanz wurde zuerst die Modellierung eines Stoffstromnetzes und dessen Spezifizierung mit Daten durchgeführt. Das Ergebnis stellt eine Sachbilanz dar, auf deren Grundlage eine Wirkungsabschätzung und Bewertung durchgeführt werden muss. In dieser Sachbilanz wurden Daten gesammelt und die relevanten Input- und Outputströme für bestimmte Indikatoren (z. B. der Einsatz an Ressourcen, die Emissionen in Luft, Boden oder Wasser) des zu untersuchenden Systems modelliert. Die Ströme werden in physikalischen Einheiten wie Kilogramm, Kubikmeter oder Kilojoule quantifiziert. Eine sich nun anschließende Wirkungsabschätzung und Bewertung wird durchgeführt, um die erhobenen Daten hinsichtlich der möglichen Umweltwirkungen zu beurteilen. Die Beurteilung wird getrennt von der Sachbilanz durchgeführt, weil es sinnvoll ist, dass Änderungen im Kenntnisstand über potenzielle Umweltwirkungen von Stoffen berücksichtigt werden können. In eine Wirkungsabschätzung gehen die Erfahrungen aus der ökologischen Wirkungsforschung, z. B. Wirkungsgrenzwerte und Gefahrenpotenziale der Stoffe ein. Zur Bewertung werden die Prioritäten der Gesellschaft bezüglich der Umweltpolitik, die sich in Grenzwerten oder Umweltqualitätszielen darstellen lassen, herangezogen. Erst eine Verknüpfung der Sachinformationen mit Werturteilen kann die Grundlage für die Erstellung eines Umweltprogramms des Betriebes mit Maßnahmen und konkreten Zielen bilden.

In der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung werden nun die erzielten Ergebnisse der Sachbilanz hinsichtlich bestimmter Wirkungen auf die Umwelt beurteilt. Dafür gibt

es eine Reihe von Methoden, die in der verwendeten Bilanzierungssoftware teilweise bereits implementiert sind. Bei diesen Methoden handelt es sich um:

- die Methode des ökologischen Rucksacks (MIPS-Methode),
- die qualitative Bewertung der Input- und Output-Positionen mittels einer ABC-Analyse (IÖW-Methode),
- die Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode),
- die mehrstufige Bewertungs- und Aggregationsmethode (Eco-Indicator 95) und
- die Methode des deutschen Umweltbundesamtes (UBA-Bewertungsmethode).

Die drei letztgenannten sind z. B. im Softwaretool Umberto implementiert [SH97]. Mit diesen Methoden ist sowohl eine vollständige Bilanzierung von Stoffstromnetzen möglich als auch die Bilanzierung einzelner Prozesse. Mittels der Bewertungssysteme können auch eigene Kennzahlensysteme definiert werden. Durch die Anwendung von Bewertungs- oder Kennzahlensystemen auf Sachbilanzdaten wird somit eine vollständige Bewertung der Sachbilanzergebnisse ermöglicht. Dies ist dann wichtig, wenn die implementierten Kennzahlensysteme zwar auf die Sachbilanz angewendet werden können, jedoch aufgrund von Allokationsproblemen keine sinnvollen Ergebnisse verfügbar sind. Ein Allokationsproblem tritt dann auf, wenn Materialien anfallen, die nicht direkt den implementierten Kennzahlensystemen zugeordnet werden können, da sie in der Materialliste der Bilanzierungssoftware nicht enthalten sind. Für die zu erstellende Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung müssen zunächst die unterschiedlichen Verfahren und Methoden hinsichtlich ihrer Eignung überprüft werden. Anschließend wird ein geeignetes Kennzahlensystem ausgewählt und entsprechend der speziellen Input- und Outputgrößen bzw. der Prozessstruktur angepasst.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die Methode des Umweltbundesamtes (UBA-Methode) zwei zusätzliche Wirkungskategorien, nämlich die Kategorie Gefährdungs- und Störfallrisiko und die Kategorie Geruchsbelästigung eingeführt, um eine geeignete Bewertung ableiten zu können [MR02, Anhang V, S. 284].

In [MRW01, Anhang W, S. 300] werden die einzelnen Kennzahlensysteme und deren Anwendung im Detail aufgezeigt⁵. Des Weiteren sind die Maßnahmen der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung nach dem UBA-Ansatz und die Erweiterung des Modells mit den neu dazugekommenen Wirkungskategorien dargestellt.

⁵ Der Beitrag [MR02] ist auf Empfehlung des Programmkomitees der Konferenz EnviroInfo 2001 in einer Sonderausgabe des International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD 1) aufgenommen worden.

5.2 Datendefekte in Stoffstromnetzen

Mit der Lebenszyklus übergreifenden Integration umweltrelevanter Stoffinformationen kann eine Analyse der Auswirkungen auf die Umwelt, die durch die Nutzung eines Stoffes entstehen, durchgeführt werden. Hierbei ermöglicht der Einsatz von Stoffstromnetzen die Modellierung, Analyse und Bewertung von Stoffströmen zur Untersuchung von Umweltwirkungen. Dies soll auch dann möglich sein, wenn die zugrunde liegenden Daten unvollständig oder partiell Defekt behaftet sind. Realistische Aussagen zu den Umweltwirkungen werden dadurch erschwert bzw. verhindert. Erst die Zusammenführung aller an der Verwendung eines Stoffes beteiligten Stoffströme lassen reale Aussagen über die verschiedenen Umweltauswirkungen zu. Dabei sollen Datenlücken und Defekte so weit wie möglich durch Methoden der Informationsfusion entdeckt, klassifiziert und geschlossen werden. Bei den Datenlücken bzw. -defekten kann es sich um fehlende Daten, wie z. B. mangelnde Prozessdaten, unbekannte oder unvollständige Prozessschritte oder auch fehlende Vor- bzw. Nachketten handeln. Des Weiteren sind inkorrekte Daten zu benennen, deren Ursachen in fehlerhaften Messungen, missverständlichen Berechnungen oder auch in einer unvollständigen Aggregation liegen.

Eine Kombination von Datenlücken bzw. -defekten bestehend aus fehlenden und falschen Daten ist ebenfalls denkbar. Des Weiteren können in einem Stoffstromnetz sowohl mehrere Defektarten als auch mehrere Defekte einer Defektart auftreten. Das Vorkommen einer Defektart schließt andere Defektarten nicht aus und hat keinen Einfluss auf die Ausprägung anderer Defektarten. Durch Aufstellung eines Rankings unter den Defektarten würde man fehlerhafte Daten den fehlenden Daten vorziehen. Im Gegensatz zu fehlenden Daten sind bei fehlerhaften Daten Aussagen zu Umweltwirkungen möglich, auch wenn diese von der Realität abweichen. Wichtig hierbei ist, dass eine Beschreibung aller relevanten Daten auf einer übergeordneten Ebene (Metaebene) vorgenommen werden muss. Diese Daten bilden die Grundlage für die Untersuchung geeigneter Wissens- und Datenakquisitionsmethoden, die für das Extrahieren von umweltrelevanten Daten aus un- bzw. semistrukturierten Dokumenten Verwendung finden sollen. Hierbei handelt es sich um Methoden aus den Gebieten der Wissensakquisition, des Maschinellen Lernens und um Neuro-Fuzzy-Ansätze, die auf ihre Anwendbarkeit untersucht und ggf. weiter entwickelt werden müssen.

In [MPR04, Anhang T, S. 254] ist die Auflistung und Klassifizierung von möglichen Datendefekten, deren Entstehungsgründe und Auswirkungen dargestellt⁶. Außerdem werden Lösungsansätze zu deren Behandlung und Beseitigung aufgezeigt. Dieses Teil-

⁶ Die Herausgeber des Journals *Cybernetics and Systems: An International Journal (CBS)* haben den Beitrag für eine in diesem Jahr erscheinende Sonderausgabe des Journals vorgesehen.

projekt wurde im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten Forschungsprojekts „Forschergruppe Informationsfusion“ durchgeführt.

5.3 Erweiterung der Umberto-Modulbibliothek

Mit Umberto steht dem Anwender ein Softwaretool zur Durchführung von Stoff- und Energieflussanalysen und zur Ökobilanzierung zur Verfügung. Es ist sowohl zur Erstellung betrieblicher Umweltbilanzen wie auch für die Produktbilanzierung einsetzbar. In der Prozessbibliothek von Umberto stehen dem Anwender zahlreiche Module aus den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen zur Verfügung. Sie umfassen in erster Linie Hilfsprozesse, die wiederholt im betrieblichen Bereich auftreten, über die jedoch häufig keine detaillierten Informationen vorliegen, z. B. zu Energieversorgung, Abfallentsorgung und Transport. Dazu kommen typische Daten zur Bereitstellung von Roh- und Grundstoffen oder wichtigen Werkstoffen, z. B. Kunststoffen, Metallen, Baumaterialien, Faserstoffen usw. Jedes Prozessmodul ist ausführlich dokumentiert und kann anderen Umberto-Anwendern zur Verfügung gestellt werden. Jeder in einem Stoffstromnetz definierte Prozess kann als neues Modul in der Prozessbibliothek gespeichert werden und steht damit für weitere Modellierungen zur Verfügung. Damit lässt sich der Aufwand für weitere mögliche Untersuchungen beträchtlich reduzieren. So konnten die bei der Fallstudie der Hasseröder Brauerei modellierten Prozesse der

- Flaschenabfüllung,
- Sudhaus,
- Gärkeller und
- Filterkeller

als Prozessmodule angelegt und in die Umberto-Stammbibliothek übernommen werden. Die einzelnen Prozesse sind als Subnetze modelliert und als Module abgespeichert worden. Der Vorteil hierbei ist, dass Subnetze ganze Netzstrukturen enthalten und mittels der Modulbibliothek beliebig in hierarchische Stoffstromnetze eingebaut werden können.

5.4 Vereinfachung des Datenzugriffs durch Auswertungskomponente

Umweltberichte sollen eine systematische Darstellung und Bewertung der wesentlichen Stoff- und Energieströme im Unternehmen beinhalten. Die hierfür erforderlichen Daten wie z. B. alle in das Unternehmen einfließenden Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie

alle ausfließenden umweltrelevanten Schadstoffe und Abfälle werden erfasst und liegen unterschiedlich stark strukturiert im Unternehmen vor. Die relevanten Informationen aus den datenhaltenden Systemen müssen nun extrahiert, aufbereitet, strukturiert und in den Umweltbericht integriert werden. Die Ökobilanz bietet demnach von der Darstellung der Stoff- und Energieströme in Form einer Sachbilanz bis hin zur Bewertung der Umweltwirkungen eines Produktes oder Unternehmens durch die Bilanzbewertung alle für den Umweltbericht gewünschten Informationen. Mit einem Anwendungssystem zur Ökobilanzierung, das den externen Zugriff auf die erforderlichen Daten ermöglicht, können diese automatisch und damit rationell in die Dokumentstruktur des Umweltberichts überführt werden.

Umberto verfügt über COM bzw. DCOM-Schnittstellen. Mit diesen Objektschnittstellen lassen sich unter Verwendung von Script-Sprachen wie Visual Basic Script, Python oder Java Script andere Programme lokal, im Netzwerk oder internetbasiert mit Umberto verknüpfen. Im Rahmen dieses Habilitationsprojektes wurde zusammen mit den Entwicklern von Umberto eine Auswertungskomponente in Form einer DCOM-Schnittstelle entwickelt. Diese Komponente erlaubt den leistungsfähigen Zugriff auf Stoffstromanalysedaten in anderen Systemen, ermöglicht aber auch, verschiedene Systeme unter einer einheitlichen Benutzungsoberfläche oder für einen bestimmten Zweck zusammenzuführen. Über die Auswertungskomponente erfolgt der Zugriff auf die benötigten Ökobilanzdaten zur Überführung in XML. Umberto selbst tritt dabei nicht weiter in Erscheinung. Die Modellierung der Stoffstromnetze erfolgt allerdings nach wie vor mit Hilfe der Software. Der eigene Anteil an diesem Projekt bestand darin, das Konzept für die Exportfunktion losgelöst von der technischen Implementierung zu entwickeln.

5.5 ERP-integriertes Stoffstrommanagement

Produzierende Unternehmen werden im Rahmen des betrieblichen Umweltschutzes mit komplexen Aufgabenstellungen und Anforderungen konfrontiert, für die eine Vielfalt verschiedener Daten unterschiedlichster Quellen erfasst, verwaltet, ausgewertet und ausgegeben werden müssen. Informationen über Stoff- und Energieströme und deren potenzielle Umweltauswirkungen müssen darüber hinaus Entscheidungsträgern auf allen Managementebenen im Unternehmen termingerecht und in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Die Verarbeitung von Daten über betriebliche Stoff- und Energieströme stellt für produzierende Unternehmen eine erhebliche Herausforderung dar. Bisher beschränken sich Analysen von Stoff- und Energieströmen in der Regel auf einmalige Analysen einzelner Produkte oder auf jährliche Analysen von Unternehmensstandorten. Die daraus abgeleiteten Aussagen sind aufgrund des unzureichenden Detaillierungsgrades nicht für eine Verwendung als Steuerungsgrößen in betrieblichen Ent-

scheidungsprozessen geeignet. Als Hemmnisse einer kontinuierlichen Nutzung von Informationen über betriebliche Stoff- und Energieströme gelten die Komplexität der Extraktion und Zusammenführung von Daten aus heterogenen Quellen, der hohe Aufwand der manuellen Datenerfassung sowie die anwenderspezifische Bereitstellung der Umweltdaten in betrieblichen Informationssystemen.

Zur Lösung der oben genannten Ausgangssituation ist es notwendig, ein umfassendes wissenschaftliches Konzept zu entwickeln und zu erproben, das eine Extraktion, Zusammenführung, Auswertung und Rückintegration von Daten aus ERP-Systemen und sonstigen Datenquellen ermöglicht. Bei der Extraktion und Zusammenführung von Daten müssen sowohl ERP-Systeme (wie z. B. SAP R/3) als auch unterschiedliche komplexe Insellösungen in heterogenen Systemarchitekturen berücksichtigt werden. Die in ERP-Systemen vorhandenen Informationsstrukturen sind vor allem auf Erzeugnisstrukturen, Arbeitsplätze und Arbeitspläne ausgerichtet und können daher nur bedingt für eine Auswertung von Stoff- und Energieströmen genutzt werden. In den angebotenen Systemen fehlen sowohl Funktionalitäten für die Erfassung von Stoff- und Energieströmen sowie Energieverbräuche und Emissionsdaten aus der Fertigung. Die Erfassung und Auswertung entsprechender umweltbezogener Daten erfolgt daher in separaten Systemen, die auf die Belange des betrieblichen Umweltschutzes ausgerichtet sind (z. B. Abfallmanagementsysteme oder Systeme zur elektronischen Erfassung von Emissionen). Dies bedeutet, dass Daten oft redundant erfasst werden und Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Datenbeständen bestehen. Dieses führt unweigerlich zu einem erheblichen Mehraufwand bei der Datenextraktion und -zusammenführung sowie bei der Datenaufbereitung zur Nutzung für das betriebliche Stoffstrommanagement.

Zur Auswertung von Daten über Stoff- und Energieströme existieren verschiedene Betriebliche Umweltinformationssysteme, die aber bisher nur von Experten genutzt werden. Mit Hilfe dieser Softwaretools können Systemzusammenhänge und Auswertungen auf der Basis betrieblicher Stoffströme dargestellt und analysiert werden. Sie stellen allerdings kein originäres Informationssystem dar und müssen somit auf Daten klassischer ERP-Systeme wie die Materialwirtschaft oder die Betriebsdatenerfassung (BDE) zurückgreifen. Durch eine Rückintegration von Auswertungen in die ERP-Systeme wird eine organisatorische Integration erreicht. Auswertungen über das Stoffstrommanagement können dabei effektiv betrieblichen Entscheidungsträgern in allen Managementebenen der Unternehmensorganisation zur Verfügung gestellt werden. Diese können die Verträglichkeit mit den wirtschaftlichen Zielgrößen prüfen und die Auswertungen als Planungs- und Steuerungsparameter im Rahmen des Stoffstrommanagements nutzen.

In [BMR04, Anhang B, S. 60] ist ein erster Lösungsansatz (Framework) dargestellt.

6 Weitere erbrachte Leistungen im Rahmen des Habilitationsprojektes

Im Rahmen des Habilitationsprojektes sind eine Reihe weiterer erwähnenswerter Leistungen erbracht bzw. wissenschaftliche Aktivitäten durchgeführt worden, die hier nachfolgend aufgeführt sind:

- Organisation und Leitung von Tagungen, Workshops und Special Tracks auf Internationalen Tagungen:
 - Workshop: Industrial Environmental Management Information Systems“ bei der internationalen Konferenz „Information Technologies in Environmental Engineering“ (ITEE’2003) in Danzig, Polen.
 - Session: Applying Soft Computing Methods in Business Information Systems and Environmental Business Information Systems bei dem internationalen Symposium „Soft Computing for Industry with Applications of Financial Engineering“ (ISSCI’2004) in Sevilla, Spanien.
 - Special Track: Corporate Sustainability Communication and Reporting bei der internationalen Konferenz “Informatics for Environmental Protection” (EnviroInfo’2004) in Genf, Schweiz.
 - Workshop: Informatics for Environmental Protection in Cuba bei der internationalen Konferenz “Applied Enterprise Science (CICE’2004) in Santa Clara, Kuba.
 - Organisation und Leitung der im Jahre 2005 stattfindenden internationalen Konferenz „Information Technologies in Environmental Engineering“ (ITEE’2005) in Magdeburg.
 - Organisation und Leitung der im Jahre 2005 stattfindenden internationalen Konferenz „Management and Technologies“ mit dem Schwerpunkt Betriebliche Umweltinformationssysteme (MT’2005), in Havanna, Kuba.
- Geladene Gastvorträge:
 - Keynote, Titel: „Industrial Environmental Information Systems“ bei der internationalen Konferenz „Specialty Conference on Environmental Progress in the Petroleum & Petrochemical Industries“ (EPPPI’2004), Bahrain.

- Keynote, Titel: „Target Group Corporate Environmental Reporting“ bei der internationalen Konferenz „Information Technologies in Environmental Engineering“ (ITEE'2003) in Danzig, Polen.
- Keynote, Titel: „Neuro-Fuzzy-Systems to treat data defects in Material Flow Networks“ beim internationalen Symposium „Soft Computing for Industry with Applications of Financial Engineering“ (ISSCI'2004) in Sevilla, Spanien.
- Journal Gastherausgeberschaften:
 - Special Issue Edition (1) 2003 des International Journals Management of Environmental Quality (IJMEQ).
 - Special Issue (3) 2003 des International Journals of Environmental Management and Health (IJEMH).
 - Special Issue (2) 2003 des International Journals of Environment and Sustainable Development (IJESD).
 - Special Issue (1) 2002 des International Journals of Environment and Sustainable Development (IJESD).
- Buchherausgeberschaften:
 - Internetbasierte Nachhaltigkeitsberichterstattung: Stakeholder, Trends, Medien, Technologien, Schmidt-Verlag, erscheint Ende 2004.
- Monographie:
 - Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen - Fallstudie Volkswagen AG
- Betreute Diplomarbeiten:
 - Dipl.-Wirtsch.-Inf. Christian Grünwald. Thema: Konzeption eines Integrierten Systems für Umweltinformationen: Fallstudie bei der Volkswagen AG.
 - Dipl.-Wirtsch.-Inf. Mario Krüger. Thema: Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH.

- Dipl.-Wirtsch.-Inf. Claudia Wilke. Thema: Analyse, Vergleich und Erweiterung von Kennzahlensystemen und Bewertungsmethoden zur Ökobilanzierung - Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH..
 - Dipl.-Wirtsch.-Inf. Volker Lutze und Dipl.-Wirtsch.-Inf. André Faustmann. Thema: Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei.
- Projektmitarbeit:
- Informationsfusion - Lebenszyklusübergreifende Integration umweltrelevanter Stoffinformationen, gefördert von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG).
 - Herstellung von Reaktivverdünnern für Anstrichsysteme unter Verwendung von nativen Alkoholen mit der Kettenlänge C2-C8“, in Zusammenarbeit mit der Biomeil GmbH, Dessau, gefördert von der Bundesstiftung Umwelt.
 - Modellierung und Erstellung eines Star- und Snowflake Schemas, eines Data Marts (Data-Warehouse-System) für einen ausgewählten Bereich des Umweltmanagements bei der Volkswagen AG, in Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG.
- Projektanträge:
- Automated Multilingual Programme for Environmental Reporting Network (Ampernet), CRAFT Proposal, 5th-Framework Programme on Research, European Commission.
 - Integrated Material Flow Management and Enterprise Resource Planning System (IMES), CRAFT Proposal, 6th-Framework Programme on Research, European Commission.
 - Computer-based Environmental and Sustainability Reporting (COENSURE), CRAFT Proposal, 6th-Framework Programme on Research, European Commission.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem abschließenden Kapitel sollen noch einmal die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse dieser Arbeit reflektiert und ein Ausblick auf zukünftige noch ausstehende Forschungsaktivitäten gegeben werden. Den Gegenstand der vorliegenden Arbeit bildet eine rechnergestützte und automatisierte Umweltberichterstattung auf der Grundlage von Stoffstrommanagementsystemen. Der Schwerpunkt liegt auf einer möglichst effizienten Erstellung und Verbreitung von Umweltberichten sowie der Einbeziehung von Umweltbilanzierungssystemen in die Berichterstattung. Motiviert wurde der vorgestellte Ansatz mit zwei Fallstudien, die bei der Hasseröder Brauerei GmbH in Wernigerode und bei der Fa. Biemel GmbH in Dessau durchgeführt werden konnten. Im Rahmen dieser zwei Fallstudien sind die Schritte der Stoffstrommodellierung einschließlich Stoff-, Energie- und Güterstromrechnung, Ökobilanzierung, Kennzahlenberechnung und Schwachstellenanalyse durchlaufen worden. Damit wurde die Grundlage für eine Zertifizierung nach ISO 14001 für die Unternehmen geschaffen. Weiterhin wurden die verfügbaren Daten und Informationen für die automatisierte Umweltberichterstattung genutzt, mit der aus den vorliegenden Umweltkennzahlen jederzeit und weitgehend automatisiert adressatengerechte Umweltberichte sowohl in elektronischer wie auch Papierform erstellt werden können. Der Schwerpunkt hier liegt auf der inhaltlichen Gestaltung mittels einer standardisierten DTD und der automatischen Aufbereitung und Integration von Umweltbilanzdaten in die Umweltberichte. Die automatisierte Umweltberichterstattung ist die maßgebliche Systemkomponente, da die Berichte entscheidend für die Zertifizierung des Unternehmens sind.

Die Umweltberichterstattung spielt sowohl für den ökonomischen Erfolg von Unternehmen als auch für eine nachhaltige ökologische Entwicklung eine zunehmend wichtige Rolle. So können Unternehmen durch eine freiwillige und informative Umweltberichterstattung auf der Grundlage durchgeführter Stoffstromanalysen und Ökobilanzen und deren Integration in den Umweltbericht ökologische Schwachstellen aufdecken, Verbesserungspotenziale aufzeigen, Umweltbelastungen reduzieren und sich Wettbewerbsvorteile am Markt verschaffen. Da die gesetzlichen Verpflichtungen zur Umweltberichterstattung zunehmen und gleichzeitig die technischen Möglichkeiten durch den Einsatz des Internet rasant ansteigen, ist die rationelle Erstellung, Verwaltung und Verteilung von Umweltberichten vorteilhaft. Durch Ausschöpfung der internetspezifischen Unterstützungspotenziale lässt sich ein noch höherer Nutzen der Umweltberichte erreichen [LAD01].

Die Erstellung eines Umweltberichts oder einer Umwelterklärung gemäß Öko-Audit-Verordnung bindet erhebliche Ressourcen in den Umweltaufteilungen, obwohl diese

Arbeit in vielen Unternehmen inzwischen regelmäßig erfolgt. Viele Aufgaben müssen wiederholt in Angriff genommen werden. Mit einer professionellen Rechnerunterstützung lassen sich nun die Aufgaben der betrieblichen Umweltberichterstattung effizienter gestalten. Die Darstellung der Umweltziele und Umweltmaßnahmen kann z. B. kontinuierlich aktualisiert und kontrolliert werden, wobei Ökobilanzen und Umweltkennzahlen die Ist- oder Planzustände des Unternehmens ausweisen. Die routinemäßig zu erfüllenden Dokumentationspflichten können auf der Grundlage des hier präsentierten Ansatzes nun systematisch erledigt werden.

Da zurzeit mehrere Entwürfe für DTDs bzw. Standardisierungsbemühungen für Umweltdokumente existieren wird vorgeschlagen, die jeweils gewonnenen Erkenntnisse auszutauschen und damit die Bemühungen um eine einheitliche Basis für die Beschreibung und den Austausch von Umweltdaten in Form einer EML (vgl. EML (2000)) zu unterstützen.

Es wird dringend empfohlen, die Schnittstellen zu Betrieblichen Umweltinformationssystemen und Bilanzierungstools dadurch universeller einsetzbar zu machen, dass eine vielseitige COM- bzw. DCOM-Server-Komponente entwickelt wird, die sich genauso einfach in XML-basierte Autorensysteme einbinden lässt, wie das beispielsweise schon jetzt in der Microsoft-Welt bei der Einbindung von Excel-Tabellen in Word-Dokumente der Fall ist.

In zwei zusätzlichen Fallstudien bei der Volkswagen AG in Wolfsburg wurden das Konzept eines integrierten Systems für Umweltinformationen und die Modellierung eines Data Warehouse Systems zur Unterstützung des Reportings entwickelt. Die hier erzielten Ergebnisse sind hinsichtlich einer automatisierten Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung und für eine Anbindung an das hier vorgestellte Modell noch genauer zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

- [AM04] Amelung, M., Marx Gómez, J.: Designing a Document Type Definition for Automated Environmental Reporting Based on XML: An International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD) 3, erscheint 2004.

Der eigene Beitrag zu dieser Arbeit besteht in der Konzeption einer hierarchischen Struktur der DTD, der Definition der Inhaltsmodule und der Entwicklung des Autorenunterstützungssystems.

- [BMR04] Baldoquín, G., Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C.: Integrated Material Flow Management and Business Information Systems; in: Minier, P. (Hrsg.): Proceedings of 18th International Conference Informatics for Environmental Protection – Sharing, Geneva (Switzerland), erscheint 2004.

Der eigene Beitrag zu dieser Arbeit besteht in der Konzeption eines Referenzmodells, das als Universalmodell für die Integration von Informationen, Prozesse und Daten des Stoffstrommanagements und ERP-Systeme herangezogen werden kann.

- [FLMR00] Faustmann, A., Lutze, V., Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C.: Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung eines Bierherstellungsprozesses; in: Wittmann, J., Gnauck, A., Page, B., Wohlgemuth, V. (Hrsg.): Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, Aachen 2000, Seiten 1-14.

Der Anteil an dieser Arbeit betrifft die Anpassung der Kennzahlensysteme in Umberto.

- [GMR04] Günther, S., Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C.: Modelling of a Data Warehouse System for Environmental Information; in: Reuter, M. (Hrsg.): Proceedings of 5th International Symposium on Soft Computing for Industry in conjunction with the International World Automation Congress 2004, Sevilla (Spain), erscheint 2004.

Der eigene Anteil an dieser Arbeit umfasst die semantische Modellierung des Data Warehouse.

- [IBBM04] Isenmann, R., Beisel, M., Brosowski, J., Marx Gómez, J.: Software Tool for Single Source Multiple Media Sustainability Reporting; in: Minier, P. (Hrsg.): Proceedings of 18th International Conference Informatics for Environmental Protection – Sharing, Geneva (Switzerland), erscheint 2004.

Der eigene Anteil an dieser Arbeit umfasst die konzeptionelle Entwicklung eines web-basierten Softwaretools für die Nachhaltigkeitsberichterstattung unter Einbeziehung der UNEP/Sustainability Anforderungen.

- [IBMA03] Isenmann, R., Brosowski, J., Marx Gómez, J., Arndt, H.-K.: Going Ahead in Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting; in: Gnauck, A. (Hrsg.): Proceedings of 17th International Symposium on Environmental Informatics – The Information Society and Enlargement of the European Union, Cottbus, Seiten 550-557.

Der eigene Anteil an dieser Arbeit umfasst die Entwicklung und Bereitstellung der erweiterten Magdeburger DTD zur Harmonisierung.

- [IM04] Isenmann, R., Marx Gómez, J.: How to provide Customized Environmental Reports properly – Framework and Prototype; In: Environmental Online Communication, Arno Scharl (Hrsg.). Berlin et al.: Springer, erscheint 2004.

Der Entwurf des Frameworks sowie die Analyse der Stakeholderinformationen bilden den eigenen Beitrag zu dieser Arbeit.

- [ILMKA02] Isenmann, R., Lenz, C., Marx Gómez, J., Krüger, M., Arndt, H.-K.: Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung. Tagungsband der 11. Tagung der Fachgruppe 4.6.2 / 5.4.3 "Betriebliche Umweltinformationssysteme der Gesellschaft für Informatik e.V. - Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme", Seiten 69-83.

Der Eigenanteil an dieser Arbeit besteht in der Benennung und Bereitstellung des Informationsbedarfs und der Ansprüche von Zielgruppen an die Umweltberichterstattung.

- [KMPR02] Khatib, C., Marx Gómez, J., Pröttsch, S., Rautenstrauch, C.: A Comparative Eco-balance for Coating Materials with Epoxidized Derivatives; in: Pillmann, W. (Hrsg.): Proceedings of 16th International Symposium on Environmental Informatics – Environmental Communication in the Information Society, Vienna (Austria), Seiten II-482-486.

Die Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Ökobilanzierung und die Adaption der Kennzahlensysteme für die Bilanzbewertung und Wirkungsabschätzung bilden den eigenen Anteil an dieser Arbeit.

- [KMR01] Krüger, M., Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C.: Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML; in: Hilty, L. M., Gilgen, P. W. (eds.): Sustainability in the Information Society, Part 2; Marburg 2001, Seiten 1016-1027.

Die Einbeziehung von Metainformationen in das Umweltberichtsmodell, die Aggregation von Informationseinheiten in Form von Entitäten und die Modellierung der hierarchischen Dokumentstruktur bilden den eigenen Anteil an dieser Arbeit.

- [LIMKA02] Lenz, C., Isenmann, R., Marx Gómez, J., Krüger, M., Arndt, H.-K.: Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML; in: Pillmann, W. (Hrsg.): Proceedings of 16th International Symposium on Environmental Informatics – Environmental Communication in the Information Society, Vienna (Austria), Seiten I-416-423.

Die Ableitung der neuen relevanten semantischen Komponenten aus den potenziellen semantischen Komponenten für das Umweltberichtsmodell und der DTD bildet den eigenen Anteil an dieser Arbeit.

- [M04] Marx Gómez, J.: Automated Generation of Environmental Reports – A Case Study; International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD) 2, erscheint 2004.

- [MA04] Marx Gómez, J., Amelung, M.: Automated Generation of Environmental Reports with Umberto; Management of Environmental Quality: An International Journal (MEQ), erscheint 2004.

Die Entwicklung des Autorenunterstützungssystems und die Implementierung des Datenzugriffs auf die Auswertungskomponente von Umberto bilden den eigenen Anteil an dieser Arbeit.

- [MARI03] Marx Gómez, J., Amelung, M., Rautenstrauch, C., Isenmann, R.: Approach to Support Automated Generation of Environmental Reports – A Case Study –; in: Gnauck, A. (ed.): Proceedings of 17th International Symposium on Environmental Informatics – The Information Society and Enlargement of the European Union, Cottbus, pp. 541-549.

siehe [MA04]

- [MGK03] Marx Gómez, J., Görmer, J., Khatib, C.: A Case Study on Comparative Eco-balances for Coating Materials with Epoxidised Derivatives; in: Guerri, J., Pajares, A. (eds.): Proceedings of International Industrial Simulation Conference 2003 (ISC'2003), Valencia (Spain), Seiten 99-102.

siehe [KMPR02]

- [MGR04] Marx Gómez, J., Grünwald, C., Rosenau-Tornow, D.: Concept of an Integrated System for Environmental Information - Case Study Volkswagen AG; Proceedings of 4th Specialty Conference on Environmental Progress in the Petroleum & Petrochemical Industries (Kingdom of Bahrain), erscheint 2004.

Der Beitrag zu dieser Arbeit besteht in der Bereitstellung einer Anforderungsspezifikation für die integrierten Szenarios, die Aufteilung der Szenarios in mehreren Umsetzungsstufen und die Entwicklung einer alternativen Systemstruktur für eine Optimierung der Aufgabenbearbeitungs- und Datenverarbeitungsprozessen.

- [MGR04b] Marx Gómez, J., Grünwald, C., Rosenau-Tornow, D.: Konzeption eines Integrierten Systems für Umweltinformationen – Eine Fallstudie; in: Wittmann, J., Gnauck, A., Page, B. (Hrsg.): Fachgruppe 4.5.3/4.6.3, Simulation in Umweltwissenschaften, Aachen, erscheint 2004.

Siehe [MGR04]

- [MHI04] Marx Gómez, J., Hermann, C., Isenmann, R.: XML-DTD and XML-Schema for Advanced Environmental and Sustainability Reporting; in: Schaltegger, S. (ed.): Proceedings of the 7th annual conference of the Environmental Management Accounting Network Europe (EMAN-EU), Lüneburg, (Germany), erscheint 2004.

Die Entwicklung eines XML-Schemas auf der Basis einer bereits existierenden DTD bildet den eigenen Anteil an dieser Arbeit.

- [MI04] Marx Gómez, J., Isenmann, R.: Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reports: Striving toward EML; In: Environmental Online Communication, Arno Scharl (Hrsg.). Berlin et al.: Springer, erscheint 2004.

Die Herleitungen der Anforderungen, die sich aus der EML-Initiative und der EMAS-Verordnung für die Umweltkommunikation ergeben, bilden den Beitrag zu dieser Arbeit.

- [MPR04] Marx Gómez, J., Pröttsch, S., Rautenstrauch, C.: Data Defects in Material Flow Networks - Classification and Approaches; *Cybernetics and Systems: An International Journal (CBS)*, erscheint 2004.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden als eigener Anteil Lösungsansätze aus dem Bereich des Softcomputing zur Behandlung der Datendefekte vorgeschlagen.

- [MR01] Marx Gómez, J. C., Rautenstrauch, C.: Material Flow Based Eco-Balancing and Evaluation of a Beer Production Process; *International Journal of Environmental Management and Health* 12 (2001) 3, Seiten 286-300.

Der eigene Beitrag zu dieser Arbeit besteht in der Formulierung eines Frameworks zur Sachbilanzierung für Prozessökobilanzen.

- [MR02] Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C.: Applying Indicator Systems and Valuation Methods in Eco-balancing - Case Study from the Beer Production Process; *International Journal of Environmental and Sustainable Development (IJESD)* 1, Seiten 97-112.

Der Beitrag zu dieser Arbeit besteht in der Formulierung und Erweiterung eines Kennzahlensystems zur Bilanzbewertung und in der Darstellung der Schwachstellenanalyse.

- [MRW01] Marx Gómez, J., Rautenstrauch, C., Wilke, C.: Anwendung von Kennzahlensystemen und Bewertungsverfahren zur Ökobilanzierung - Fallstudie anhand eines Bierherstellungsprozesses; in: Wittmann, J., Gnauck, A., Päge, B., Wohlgemuth, V. (Hrsg.): *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften*, Aachen, Seiten 119-135.

Siehe [MR02]

Sonstige zitierte Quellen

- [AFKS01] Arndt, H.-K.; Freitag, U.; Kazakos, W.; Schwartz-Glaesker, S.: (2001): Erster Entwurf einer Dokumenttypdefinition für die Kernelemente umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML). In: Tochtermann, K.; Riekert, W.-F. (Hrsg.): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. Marburg, S. 135-142.
- [B02] Brüggemann, N. (2002): Umweltberichterstattung - Ein Ländervergleich - Ein Vergleich deutscher und schweizerischer Umweltberichte der Chemiebranche.
- [BK97] Baetge, J.; Kirchhoff, K. (1997): Der Geschäftsbericht: Die Visitenkarte des UNternehmens. Ueberreuter, Wien.
- [CF96] Clausen, J.; Fichter, K. (1996): Umweltbericht - Umwelterklärung. Praxis glaubhafter Kommunikation von Unternehmen, Hauser Verlag, München.
- [CFAL00] Clausen, J.; Fichter, K.; Alpers, A.; Loew, T. (2000): Ranking Umweltberichte 2000 - Verbreitung der Umweltberichte und Umwelterklärungen. <http://www.ranking-umweltberichte.de/verbreit.html>. 03.04.2001.
- [DIN97] DIN 33922. Leitfaden: Umweltberichte für die Öffentlichkeit. Berlin, Wien, Zürich
- [EMAS93] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 168: Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltprüfung. Luxemburg.
- [EML00] EML (2000): Environmental Markup Language (EML). <http://www.xml-eml.org/>. 28.01.2001.
- [FUT94] future e.V. (1994) Umweltberichte - Umwelterklärungen. Hinweise zur Erstellung und Verbreitung. Ein Leitfaden: Förderkreis Umwelt future e.V. Osnabrück.
- [G99] Geldermann, J. (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung. Düsseldorf.
- [G00] Gröner, S. (2000): Umweltberichterstattung für eine nachhaltige Entwicklung. Shaker, Aachen.

- [L03] Lenz, C. (2003): Empfängerorientierte Unternehmenskommunikation – Einsatz der Internet-Technologie am Beispiel der Umweltberichterstattung. Dissertation Universität Kaiserslautern.
- [LAD01] Lange, C.; Ahsen, von A.; Daldrup, H. (2001): Umweltschutz-Reporting. Oldenbourg, München.
- [LIR01] Lenz, C.; Isenmann, R.; Reitz, C. (2001): Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML. In: Tochtermann, K.; Riekert, W.-F. (Hrsg.): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. Marburg, S. 57-69.
- [LR01] Lehmann, P.; Rautenstrauch, R.: Meta-Datenmanagement in Data-Warehouse-Systemen, Aachen.
- [NF96] Nissen, U.; Falk, H. (1996): Die Umwelterklärung nach der EG-Öko-Audit Verordnung: Impulse für den betrieblichen Umweltschutz. In: Hilty et al. (1996), S. 33-51.
- [R99] Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Berlin.
- [RDKN01] Rösner, D.; Dürer, U.; Krüger, M.; Neils, S. (2001): XML-basierte Auto-
renunterstützung: Erstellung und Management von multilingualen Informationsressourcen. In: Turowski, K.; Fellner, K. J. (Hrsg.): XML in der betrieblichen Praxis. Heidelberg, S. 55-66.
- [SH97] Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer Verlag, Berlin u. a.
- [SS95] Schmidt, M.; Schorb, A. (1995): Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits. Springer Verlag, Berlin u. a.
- [S97] Schraml, T. (1997): Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen um Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen. Dissertation, Technische Universität. Dresden.
- [S98] Seuring, S. (1998): Betriebliche Ökobilanzen. Grundlagen zu Begriffen, Methoden und Anwendungen. In: Sietz, M. (Hrsg.) (1998), S. 65-114.

- [S99] Spengler, M. (1999): Realisierung eines SGML-basierten Publikationsprozesses im Verlag: kritische Anmerkungen. In: Möhr, W.; Schmidt, I. (Hrsg.): SGML und XML. Anwendungen und Perspektiven. Berlin, S. 145-156.
- [S80] Strebel, H. (1980): Umwelt und Betriebswirtschaft: Die natürliche Umwelt als Gegenstand der Unternehmenspolitik.
- [UNEP94] United Nations Environmental Programme Industry and Environment (UNEP 1994); SustainAbility (Hrsg.): Company Environmental Reporting. A Measure of the Progress of Business & Industry Towards Sustainable Development. Technical Report 24, Paris.

Anhang

A Designing a Document Type Definition for Automated Environmental Reporting Based on XML [AM04]

B Integrated Material Flow Management and Business Information Systems [BMR04]

C Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung eines Bierherstellungsprozesses - Fallstudie [FLMR00]

D Modelling of a Data Warehouse System for Environmental Information [GMR04]

E Software Tool for Single Source Multiple Media Sustainability Reporting [IBBM04]

F Going Ahead in Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting [IBMA03]

G How to provide Customized Environmental Reports properly – Framework and Prototype [IM04]

H Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung [ILMKA02]

I A Comparative Eco-balance for Coating Materials with Epoxidized Derivatives [KMPR02]

J Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML [KMR01]

K Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML [LIMKA02]

L Automated Generation of Environmental Reports – A Case Study [M04]

M Automated Generation of Environmental Reports with Umberto [MA04]

N Approach to Support Automated Generation of Environmental Reports –A Case Study – [MARI03]

O A Case Study on Comparative Eco-balances for Coating Materials with Epoxidised Derivatives [MGK03]

P Concept of an Integrated System for Environmental Information - Case Study Volkswagen AG [MGR04]

Q Konzeption eines Integrierten Systems für Umweltinformationen – Eine Fallstudie [MGR04b]

R XML-DTD and XML-Schema for Advanced Environmental and Sustainability Reporting [MHI04]

S Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reports: Striving toward EML [MI04]

T Data Defects in Material Flow Networks - Classification and Approaches [MPR04]

U Material Flow Based Eco-Balancing and Evaluation of a Beer Production Process [MR01]

V Applying Indicator Systems and Valuation Methods in Eco-balancing - Case Study from the Beer Production Process [MR02]

W Anwendung von Kennzahlensystemen und Bewertungsverfahren zur Ökobilanzierung - Fallstudie anhand eines Bierherstellungsprozesses [MRW01]

DESIGNING A DOCUMENT TYPE DEFINITION FOR AUTOMATED ENVIRONMENTAL REPORTING BASED ON XML

Mario Amelung, Jorge Marx Gómez

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Faculty of Computer Science
P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg
gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

In this paper it will be shown how generation, editing, and management of structured contents for environmental reports can be supported. The main focus thereby is an automated transformation of eco-balances into XML form and integration into environmental reports. These already consistently structured contents are the basis for an automated generation of environmental reports for presentation and publication.

1 Motivation

Environmental reports had been published in Germany in the early 1990s for the first time. Since then more and more businesses realised the strategic competitive advantage resulting from environmental reporting and do not only see it as a measure of public relations anymore. In the same way both the addressees' interest in and need for information steadily increased. Thus, comprehensible and authentic reporting is required. However, businesses are not able to achieve this without having established environmental management and controlling within the company, what enables to gather and process required data. The Hasseröder Brewery Ltd. tends to self-dependently contribute to reduction and – if possible – prevention of environmental impact produced due to their industrial operation. The brewery's environmental certification after DIN EN ISO 14001 includes building and publishing of an environmental balance that will contain details on their environmental policy and goals as well as their environmental program and its impact on the business and the region. With two previous projects the Hasseröder Brewery Ltd. established the data basis for a comprehensive and high-quality environmental reporting. Thus, an overall material flow model of the brewing process is already available. Each process step is modelled in detail and underlaid with rational operative data [7]. In the context of the second project a ratio system matching the brewery's needs and data basis was developed and adapted balance evaluation routines implemented in the past [15]. Models and estimations are available in consistent form, so that environmental reporting possibly can follow up on it. Generated environmental reports are necessary

to meet high-quality demands, but also be producible with limited resources. Enterprises that decide on publishing environmental reports are confronted with plenty of informational challenges. One side is to gather and evaluate relevant environmental data; the other is target-group oriented information editing, efficient report generation and effective distribution as well as proof of credibility and competence.

This paper focuses on environmental reports in their capacity as documents. Today, in the majority of cases, those reports are only available in layout-oriented specifications on paper or in electronic form. Therefore, environmental reports are not able to be processed and modified nor to be transformed into other information products in an automated manner. Thus, primary goal for this paper is to show how, on the basis of internationally standardised formalisation constructs, environmental reports may be made manageable by machines and therefore can be successfully generated and published. Of particular interest is automatic integration of environmental information available in the business, especially of eco-balance data.

2 Environmental Reporting

To embrace by the term 'environmental reporting' are all measures to properly and truthfully inform business-internal and/or -external target groups about environment-relevant issues concerning the enterprise or the regional location. Object of reporting may be environmental protection goals and activities, description of problems, achievements, and environmental effects, which are caused by the enterprise's operation and produced products. Environmental reporting done by enterprises is voluntary, non-voluntary, or legally obligated. As voluntary reporting is connected with expenses it has to financially or intangibly contribute in order to attain environmental goals. Environmental reporting internally provides chief executives with necessary information for environment-oriented management and success control of measures taken so far. Externally, voluntary environmental reporting e.g. fulfils the function of documenting the enterprise's environmental engagement or serves as an instrument to publicise environmental business efforts [13]. Non-voluntary environmental reporting can be triggered by campaigns of environmentalists or press reports about pollution crimes and failures. Due to pressure by media, politics, and customers the management then has to react with well-directed information and comments [4].

Particular enterprises may be forced to generate environmental reports by legal regulations. Documents that in this regard have to be created are, for instance, emission statements according to Federal Emission Control Law [2], information on security measures defined in Failure Law [14], or waste balance sheets and waste economic concepts under the terms of a Recycling Management and Waste Law [9, 11].

Instruments at disposal are the environmental report and the environmental statement. As opposed to environmental statements the content of environmental reports is not regulated by law [5, 6]. In condensed form, for environmental reports and statements following minimum requirements on the context can be stated [3]:

- foreword by management,
- description of business operations,
- environmental guidelines, program, and goals,
- environmental management system,
- overview and evaluation of material and energy flows,
- important environmental issues regarding products and services,
- direct addressing of important recipients, and
- formal specifications.

Additionally, further emphases can be assigned and integrated in environmental reports such as information on issues of health protection or involvement and training of employees in environmental questions.

3 Environmental Reports Based on XML

Machine processing, analysis as well as reuse of documents and parts or contents of them make specific demands on their structure. In order to configure and support the process of environmental reporting most efficient possible, the logical structure of the existing diversity of environmental documents has to be characterised by means of the mark-up language XML (Extensible Markup Language).

3.1 Document Structure

Documents are gathered data concerning a specific topic. This consolidated information is either time-dependent (video, audio) or time-independent (text, image) and organised in logical or graphical structure. Graphically structured documents emphasise on the design of document elements that are visible for the reader. In contrast to this, logical structure relates to the meaning of those elements intended by the author and, for the most part, is designed hierarchically. In most cases logical elements are described by a combination of structure- and content-oriented mark-up characteristics. Therewith, optimal processing, reuse, and search for particular data within the document are possible.

3.2 Extensible Markup Language XML

With the means provided by XML, documents can be structured logically. Therefore, so-called tags have to be embedded in continuous reference text. Tags either as tag pairs indicate begin and end of a particular text part or as a single tag, for instance, a line break. A single tag or a tag pair, respectively, and the surrounded reference text are referred to as an element. Identical characteristics of all documents within one category are specified in a document type definition (DTD). The DTD determines how elements within a XML document are related to each other and also provide the grammar of the document and its elements. Using XML the main focus is put on DTD design. With DTD's it is easy for developers to implement software for evaluation and style sheets for presentation without knowing the actual document. Using this it is possible to generate style sheets for XML documents, which then convert those documents into a wished output format. For XML those are Extensible Stylesheet Language (XSL) and XSL Transformations (XSLT). XSLT transforms XML documents into other XML forms. Using those transformations it is possible to process only a few elements or use them several times. XSL converts XML documents, e.g. into the Portable Document Format (PDF).

3.3 DTD Design for Environmental Reports

Eco-balances at disposal (material and impact balances) must be possible to be integrated. When creating a DTD for environmental reports, in the majority of cases, it will be acted upon the procedure model from SCHRAML [13]. This model is orientated on the classical concept of phases in system development and includes individual phases such as target definition and planning, analysis of essential factors, adjustment and selection of relevant semantic components, model design, and implementation.

Target definition (phase 1): Purpose is to develop a DTD, on which the enterprise can base its environmental reports. Thereby, document instances adapted from the DTD are to be generated and processed automatically, and should be reusable. Especially for the integration of material balances (material and energy balances), impact balances, and balance evaluation within the environmental report adequate semantic components have to be provided. Designing environmental reports should, in compliance with fundamental guidelines, be as flexible as possible.

Analysing essential parameters (phase 2): General conditions for the document model result from requirements stated in the EMAS regulations and DIN 33922 [4]. Beside this there exist further guide lines required by national and international organisations, or branch associations. Extracting standard regulations for structure and content components leads to initial potential semantic components (PSC) for the document model [13]. Conducting cross-branch document analyses of environmental reports and considering a core of convergent information demanded by important target groups determines further PSC's, such as:

- semantic components for the presentation of material balance, impact balance, and balance evaluation,
- technical terms and their definitions, whereby environmental reports become clearer and easier to understand,
- specific concepts that have to be emphasised in particular,
- meta data containing information about classification and management of documents and their contents

Integration of meta data into the environmental report model is based on results of the work group „Environmental Markup Language“ (EML). The suggested set of core EML meta data elements is capable of collecting classification and management information for environmental reports [1].

Selecting relevant semantic components (phase 3): After having analysed essential parameters next those components out of all PSC's are selected, which are required due to their frequency in real documents, due to convergent information demands as well as guide lines for the document model [13]. Remaining PSC's are to be weighed according to their factor allocations and those components exceeding predefined weighting factors will be added to the model. The resulting set of relevant semantic components (RSC) represents the framework for the document model to be developed [8].

Model design (phase 4): First task of this modelling phase is the development of a hierarchical structure typical for environmental reports. Direct access and efficient evaluation require precise description of document elements. Therefore, type-specific semantic components are added to the document hierarchy as structure-supporting elements.

Normally, various content modules within an environmental report are produced by employees of different departments at the same time and then composed later. Material and energy balances can easily be generated from this gathered environmental data. Thus, several parts are to be recognised as independent documents, which can be adjusted to a structural framework and also be dynamically generated. An environmental report, therefore, simply consists of meta information and links to particular report parts. Environmental report parts generally consist of a heading and a various number of paragraphs, tables, lists, figures, or sub-segments. In addition, individual content modules can be divided into even more sections. Figure 1 illustrates this structure using a tree diagram.

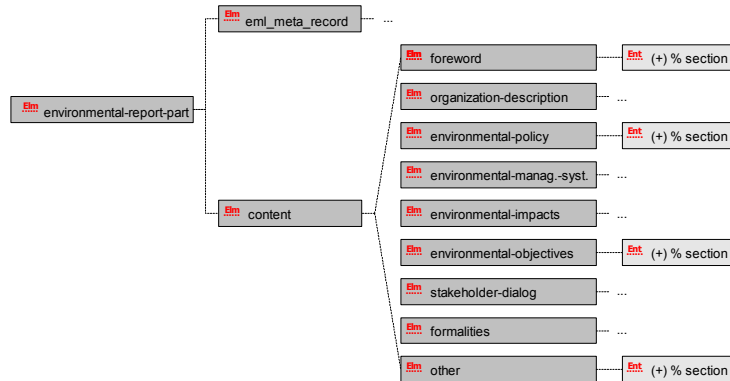


Figure 1: Hierarchical structure of an environmental report.

In order to get a better view, self-contained information units are aggregated in the form of entities, as it is shown in figure 2.

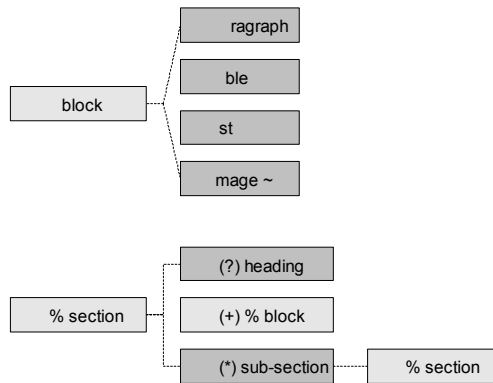


Figure 2: Aggregation of element types into entities.

Within the environmental report model the integration of material balances and balance evaluations plays a prominent role, because they are not produced by an author, but are able to be generated automatically. Therefore necessary elements have to be structured in a way that environment-relevant data collected by the enterprise can be represented as accurate as possible. Figure 3 visualises the developed structure for material balances in the document model.

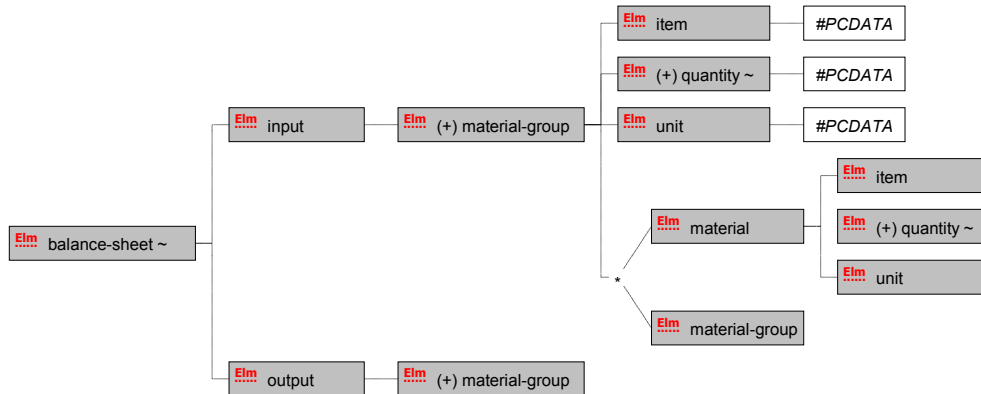


Figure 3: Structure of material balance in document model.

After having modelled the hierarchical document structure, remaining relevant semantic components are used to improve and substantiate structure-supporting elements.

Implementation (phase 5): After having finished phase 4, the model design, semantic components – even if partly not finally tied – are taken into account in the document model. The notation used for modelling basically corresponds to available XML constructs, what has a facilitative effect during the implementation phase.

4 Automated Generation of Environmental Reports

How generation, editing, and management of structured contents for environmental reports can be supported? The consistently structured contents are the basis for an automated generation of environmental reports for presentation and publication.

4.1 Author Support

The document basis is the foundation of systematic gathering and management of XML documents and their modules. Various management functions are put on this fundament, e.g. access control, protocol functions, data backup, multi-user-capability, administration functionality, and query procedures [12]. Creation of these documents requires an editing tool, with which authors can create their texts, mark specific content with tags according to document model specifications, and store these files in the central data pool.

4.2 Presenting of Information

With the aid of style sheets XML-based environmental reports can be prepared for any desired media and put at disposal according to any preferences target groups might have. The system introduced, therefore, is also equipped with a presentation component, which basically consists of an XML parser and data storage for style sheets, and which has access to XML documents. In case an environmental report is requested, the system checks access authorisation and the document status, associates necessary sub-document, reads current eco-balance data, and transforms the XML data into wanted output formats. Beside the output on paper or CD-ROM another opportunity arises: presentation of environmental reports on the Internet. With a connection of a web server to the presentation component customised environmental reports can be generated and published in accordance with any individual information need a target group might have [10].

5 Summary and Perspective

Object of this paper was to study whether an automation of environmental reporting is possible and how it can be conducted by enterprises. Applying a process model for document design, developed by Schraml, a DTD for environmental reports was written. By the means of shown computer support and automation the DTD plays an important role in the process of generating environmental reports. A DTD specifies which contents have to exist within the structure of an environmental report and therewith forms a reliable basis for authors. Validity checks will be run on report parts, so that a final document can be easily composed out of them at any time. The document structure, explicitly defined in the DTD, makes it possible to implement application systems, which feature direct access to elements within the document or can fill specific elements with data. Since various DTD design versions for environmental documents already have been developed it seems reasonable to interchange consolidated findings and hence to support efforts to reach a standard for description and exchange of environmental data in the form of an EML.

References

- [1] Arndt H-K., Freitag U., Kazakos W., Schwartz-Glaesker S. and Westbomke J. (2001) "Erster Entwurf einer Dokumenttypdefinition für die Kernelemente umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML)", in: K. Tochtermann (ed.): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz, Marburg.
- [2] BImSchG (1991) "Bundesimmissionsschutzgesetz".
- [3] Clausen J. and Fichter K. (1995) "Die Umwelterklärung – der Umweltbericht des EG-Öko-Audit-Gemeinschaftssystems", in: K. Fichter

- (ed.): Die EG-Öko-Verordnung, München umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML)”, in: K. Tochtermann (ed.): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz, Marburg.
- [4] Clausen J. and Fichter K. (1996) “Umweltbericht – Umwelterklärung. Praxis glaubwürdiger Kommunikation von Unternehmen”, München.
- [5] DIN (1997): DIN 33922 “Leitfaden – Umweltberichte für die Öffentlichkeit”, Berlin.
- [6] EMAS (1993) “Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 168: Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltprüfung”, Luxemburg.
- [7] Faustmann A. and Lutze V. (1999) “Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH”. Master Thesis, Otto-von-Guericke-University, Magdeburg.
- [8] Krüger M. (2001) “Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH”. Master Thesis, Otto-von-Guericke-University, Magdeburg.
- [9] KrW-/AbfG (1994) “Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz”.
- [10] Lenz C., Isenmann R. and Reitz C. (2001) “Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML”, in: K. Tochtermann, K. (ed): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. Marburg.
- [11] Rautenstrauch C. (1999) “Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme”, Berlin.
- [12] Rothfuss G. and Ried C. (2001) “Content Management mit XML: Grundlagen und Anwendungen”, Berlin.
- [13] Schraml T. (1997) “Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen um Rahmen der Umwelt- Kommunikation von Unternehmen”. Doctoral Thesis, Technical University, Dresden.
- [14] StörfallVO (1991) “Störfallverordnung”.
- [15] Wilke C. (2000) “Analyse, Vergleich und Erweiterung von Kennzahlensystemen und Bewertungsmethoden zur Ökobilanzierung – Fallstudie eines Bierherstellungsprozesses”. Master Thesis, Ottovon-Guericke-University, Magdeburg.

Integrated Material Flow Management and Business Information Systems

Gulnara Baldoquín de la Peña¹, Jorge Marx Gómez²,
Claus Rautenstrauch³

Abstract

There are many environmental problems caused by industrial production. Although the statistical information on contribution of SMEs to pollution and waste is limited, it is known that their influence on the environment is significant. On the other hand, the issue of environmental protection management has become a strategic target in many companies due to the growing number of legal provisions and regulations, such as the reduction goal for CO₂. The main contribution of this paper is to propose one way to solve the new challenges for producing companies, in order to have a responsible protection of the environment, as well as improve the productivity, product and performance quality: integrating Material Flow Management and Business Information Systems.

Keywords

Integrated Material Flow Management, Enterprise Resource Planning System, Material Flow Analyzes, Industrial Environmental Information Systems, Integration, Business Processes

1. Introduction

Some of the environmental problems caused by industrial production are exploitation of raw materials (recoverable and non-recoverable), interventions in natural life

¹ Havana Technical University, Faculty of Industrial Engineering, CUJAE Marianao, Avenida 127 s/n, Havana, Cuba, email: mgulnabp@yahoo.com

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institute of Technical and Business Information Systems, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de,

³ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institute of Technical and Business Information Systems, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany, email: rauten@iti.cs.uni-magdeburg.de

cycle systems, pollution of air, water and soil and general burdens like noise and radiation.

Although the statistical information on contribution of SMEs to pollution and waste is limited, it is known that their influence on the environment is significant. For example, the UK Parliament home page states that the UK Environment Agency national waste production survey results show that SMEs (all companies employing over 250 persons) produce 61% of the commercial and industrial waste (February 2003). On the other hand, the issue of environmental protection management has become a strategic target in many companies due to the growing number of legal provisions and regulations, such as the reduction goal for CO₂.

For example, the well known SAP R/3 system integrates a EH&S (Environment, health and safety) module and provides operational solutions for Hazardous Substance Management/Product Safety, Dangerous Good Management and Waste Management. These facts raise new challenges for producing companies, in order to have a responsible protection of the environment, as well as to improve the productivity, product and performance quality.

The remainder of this paper is organized as follows. In chapter 2 a review about Material Flow Management systems (MFM) and Business Information Systems (BIS) is presented. In chapter 3 general and strategies objectives in relation to the proposed problem are presented. Chapter 4 comprises difficulties and challenges integrating MFM systems and BIS, taking into account the state-of-the-art about integration in information systems. A general framework in order to achieve the objectives proposed is presented in chapter 5 and a summary is given in chapter 6.

2. Material Flow Management and Business Information Systems

One way to meet the described challenges is the introduction of a MFM system in a company. MFM means registration, supervision and evaluation of all material and energy flows within an organisation, taking into consideration the processes used. Today different MFM systems exist. These software tools can analyse, evaluate and visualise relations of modules within the system for corporate material flows (Beucker et. al. 2002). They can perform evaluations based on different instruments such as performance indicators, material flow analyses (MFA) or life-cycle analyses (LCA) (Marx-Gomez/Rautenstrauch/Wilke 2001). However, MFM software tools do not constitute an original information system and have to revert to classic business data from classic ERP systems, from material management, production data acquisition (PDA) systems or CAD systems (Schmidt 2002).

Data and information needed for MFM can be summarized as following:

1. information on the structure of production processes
2. data on consumed material, substances and energy (input) per process
3. data on output per process
4. data on mass and cost allocation per process

Most of these information and data can be found in BIS (Beucker 2002, 443) which are used for many Small and Medium – Sized Companies. The domain of such BIS is Enterprise Resource Planning (ERP systems) like SAP R/3, Oracle, Navision, etc. Most ERP systems available today contain a major portion of the data required to conduct MFM evaluations like work plans/routings, productions orders, bill of material and material properties from the master data. All of them can be used to assemble a material flow analysis. This data can also be used to evaluate material losses, resource consumption in general and how waste was created and disposed. Prices and material consumption on various specification levels are necessary for transparent classification of processes consuming material and producing waste. Within the classification and specification of such data, ERP systems play a significant role. They are widely used for production planning and controlling and therefore can contain valuable information for the environmental and financial assessments of a company's production processes and products.

Others BIS are Production Planning and Control Systems (PPC systems), accounting software, PDA systems or CAD software. The main difficulty is that the information structure about the needed information required for MFM, which is offered by BIS, especially by ERP systems, are usually targeted towards traditional business application and are only partly suitable for material and energy flow evaluations (Krcmar 1999, 76).

A survey conducted among 151 ERP software companies from Germany, Switzerland and Austria in 2001 evaluated the environmental functionalities of ERP systems (Rey/Lang/Beucker 2002). The goal of the survey was to assess to what extent ERP systems can support different tasks of environmental management. Among other questions, the availability of data with environmental relevance was inquired. This data was divided into 8 data types: material data to classify substances, dangerous goods categories, disposal criteria, residuary material behaviour, material and energy flows in manufacturing processes, substance data, energy consumption and emissions of manufacturing aids and water, energy and waste balance and emissions. They showed that many ERP systems already offer a multitude of data with environmental relevance, but mainly with a focus on substance classification, dan-

gerous goods and disposal criteria. However, not many of the systems can be used for the monitoring and controlling of material, energy and water consumption.

Environmental data can also be found in specialized software called Environmental Management Information systems (EMIS) like Umberto (Umberto 2000). These systems have tools for waste management, energy management, emissions control, wastewater control, hazardous substances management, etc. and can provide needed information for MFM evaluations such as Material Flow Analyzes, the calculation of Environmental Performance Indicators (EPIs), etc. However, their data is most often isolated in the IT landscape of producing companies.

3. General and strategic objectives

All data included in Information Systems mentioned in chapter 1 can be used to conduct analyses and to calculate evaluations for MFM with existing MFM software. Evaluations can focus on cost and environmental aspects of material and energy flows.

3.1 The bidirectional integration of information, processes and data from MFM and BIS

The reintegration in an ERP system as a company's backbone system for business applications using integration-oriented reengineering techniques can allow:

1. The real possibility of integration of production and recycling planning, scheduling and control processes. Particularly Manufacturing Resource Planning (MRP II) offers a lot of relevant data for recycling planning, e.g. parts, bill of materials and operation plans. MRP II, which includes business planning, sales and operations planning, production scheduling, material requirements planning (MRP), capacity requirements planning, and the execution support systems for capacity and material, is embedded in ERP systems. On the other hand, recycling planning offers relevant data for MRP II, e.g. availability of secondary goods. Basic data structures of recycling planning and control are similar to corresponding data structures of MRP II systems. Moreover, MRP II algorithms are almost partly applicable for recycling planning and control.
2. To contribute to the principal elements of industrial ecology like:
 - To maximize use of recycled materials in production, to optimise use of materials and embedded energy, to minimize waste generation, and to re-evaluate "wastes" as raw material for other processes.
 - To reduce materials and energy intensity in industrial production

3. In general, to increase the eco-efficiency of SMEs and to be more efficient in terms of material and energy use leading to decreased costs and reduced environmental impacts.

3.2 Fulfilment of strategic objectives

This integration should allow the fulfilment of strategic objectives like:

1. To improve systematically the competitiveness and technological capacity of SMEs in the countries by using innovative and application oriented methods for an efficient and durable material flow management and considering environmental relevant aspects during resource planning, decision-making, etc.
2. To improve the transparency of environmental impacts of producing SMEs by offering significantly better information to their customers regarding environmental aspects.
3. To facilitate cooperative relations in research activities between SMEs and research institutions and intensify the technological development potential in the above-mentioned

4 Difficulties and challenges of integrating MFM and BIS

Some of the present obstacles are:

1. The information is dispersed. For example, there are different business information systems with isolated or partially shared databases.
2. Information is heterogeneous. Data can be structured or non-structured, like documents. Some documents are in relation with laws and regulations (thresholds) like EH&S documents, ISO documents, etc.
3. Different DBMS used.

In business management the effort to integrate corporate IT systems can be ensured by mainly two approaches:

1. By using data warehouses, or
2. By using database federations.

The data warehouse approach attempts to physically merge data sets from several source databases, whereas database federations simultaneously query source databases online. The use and implementation of each approach is not a panacea and each approach has pros and cons. For example, database federations give rise to particular security problems which are not present in classical database environments. The problems and their solutions heavily depend on the federation's architecture and

the degree of heterogeneity of participating component systems. That is the reason why (in order to integrate different data and information, different databases with equivalent fields but with different labels and format) it is necessary to think carefully what to do and how.

However, both approaches mentioned above do not solve the problem for the transfer process, data structuring and organizational integration. A concept for this task is necessary, especially a concept to bring material flow accounting functionalities, production data in ERP-systems and others together. It is not yet developed for SMEs.

For identifying processes in overall business operations that comprise environmental protection, the logistics chain of a company should be analyzed. At every stage of operational procedures, starting with request for quotation, quotation and order, that is the sales cycle, to production planning, purchasing of raw materials and services, followed by production and finally warehousing, distribution and transport of any kind of goods, tasks have to be done that are to be assigned to the category of environmental protection.

The reintegration of evaluations into ERP system facilitates an organizational integration. For example, material flow evaluations can be made available to corporate decision-makers in all management levels of the company's organization. They can review the compatibility with financial targets and use the evaluations as planning, controlling and management parameters within a material flow management system. However, it is important to differentiate organizational integration and the integration of computer systems. Organizational integration means a better communication between different departments, the coupling of processes, and the distribution of responsibilities along the business process. It is necessary to think about the integration between different systems supporting different functional areas of a business, between systems on different control and managerial levels of an organization and between systems of different organizations. Therefore, an explicit development of an organizational model should be done.

It can be summarized that in order to solve the described problem of integration of MFM and BIS, particularly in ERP systems, a comprehensive concept including methods, software and an organizational model has to be developed and tested for an extraction of data from ERP systems and other complex isolated heterogeneous systems, consolidation and evaluation in MFM software and re-integration into the ERP system.

5 General framework to integrate MFM and BIS

In order to achieve the objectives presented in chapter 3 and taking into account the challenges integrating MFM and BIS, three sequential phases are proposed to organize all the work:

1. Research and technological development,
2. Development of the software, and
3. Deployment and training

In the following, it is only presented more detailed how the first phase is conceived. In this particular phase three major tasks should be done.

5.1 Analysis of information, data and business processes.

This task embraces the analysis of relevant MFM information, analysis of data from BIS relevant for MFM systems and analysis of existing business processes for MFM and resource planning.

The information for MFM should allow the description of material and energy flows in a company in a more detailed form and how they can be transferred into other data structures. The heterogeneity of the domain and the attribute volume of data need to be overcome, maybe by using some Meta database which stores relevant information about the databases and an ontology based system can be used for this purpose (Köhler 2002).

BIS mentioned in chapter 2 should be analysed with respect to the degree of detail, aggregation level, discretisation and topicality of existing data on material and energy flows and where these data can be located in BIS. The applicability of these data needs to be evaluated for MFM. Furthermore the principles and the architectures of the mentioned systems shall be analyzed. Additionally, fundamental access options for external data users and data suppliers are to be identified, represented and evaluated. Before the actual analysis, criteria must be defined for the selection of investigation objects and on this basis executed on a selection.

Also existing business processes in producing companies will be analyzed using empirical studies and expert interviews to find out how information on material and energy flows can support decision-making in the organizational structure of Small- and Medium-Sized Enterprises. This task will allow the development of the two others task in a parallel form.

5.2 Development of a reference data model

With regard to internal standards and future challenges, an adequate modelling method has to be chosen for the development of a reference data model. For efficient data usage it is required to stay independent of the respective business information or material flow management systems. All available data from these systems, collected as described in chapter 5.1 must be analysed and structured. The data will be generalized and put into an abstract data structure leading to the reference model, which is independent from the software or application being used.

5.3 Development of an organizational model

The development of an organizational process-based management model for a method and process integration of evaluations on material and energy flows into the organizational structure of producing companies will allow the mapping of the application area with process models. The first phase is summarized in Figure 1.

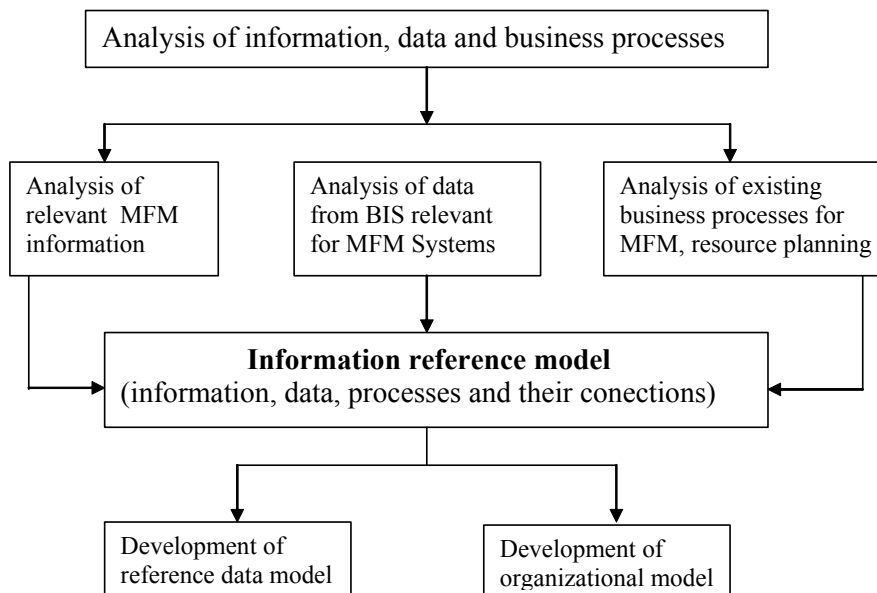


Fig. 1 Work package flow chart of the research and technological development phase

6 Summary and outlook

In this paper an actual problem about environmental impacts of producing SMEs has been presented. Furthermore we proposed a framework to increase the eco-

efficiency of SMEs to be more efficient in terms of material and energy use leading to decreased costs and environmental impacts. The approach is based on the integration of MFM and BIS systems, particularly ERP systems. A review about material flow management systems and Business Information Systems, difficulties and challenges integrating MFM and BIS, and a general framework in order to achieve the objectives proposed were presented. The integration proposed in this paper will need participants of SMEs as well as Research/Higher Education.

Bibliography

- Beucker, S.; Jürgens, G.; Lang, C.; Rey, U.: Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) im Umweltcontrolling-Umfrage zur Nutzung von Instrumenten des Umweltcontrollings und deren informationstechnische Unterstützung, URL: <http://www.bum.iao.fhg.de/intus,2002>.
- Beucker, S., Lang, C., Rey, U., Orbach, T.: Computer Aided Resource Efficiency Accounting: Assessing and communicating environmental impacts and costs along the supply chain, in: Pillmann, W., Tochtermann, K. (eds): Environmental Communication in the Information Society, proceedings of EnviroInfo Vienna 2002, 16th Int. Conference on Informatics for Environmental Protection, p. 438-445, Vienna, 2002.
- Köhler, J., Schulze-Kremer, S.: The Semantic Metadatabase (SEMEDA): Ontology based integration of federated molecular biological data sources. In: ISB (In Silico Biology) An International Journal on Computational Molecular Biology, Volume 2, Special Issue: GCB'01, 2002, <http://www.bioinfo.de/isb/2002/02/0021/>
- Krcmar, H.: Integration des Umweltmanagements in die Softwarelandschaft des Unternehmens. In: Bullinger, H.-J., Jürgens, G., Rey, U. (eds.): Stoffstrommanagement-Betriebliche Umweltinformationssysteme in der Praxis (proceedings for Management-Symposium „Produktion und Umwelt“, 28. Juni 1999, Stuttgart). Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1999.
- Marx-Gómez, J., Rautenstrauch, C., Wilke, C.: Applying Indicator Systems and Valuation Methods in Eco-balancing – Case Study from the Beer Production Process; in: CIRP (eds.): Proceedings of the 8th International Seminar on Life Cycle Engineering, Varna (Bulgarien), 2001.
- Rey, U., Lang, C., Beucker, S.: ERP-Systeme und ihr Datenangebot für die Ressourceneffizienz-Rechnung, Zwischenbericht des Forschungsprojekts CARE, Stuttgart, 2002, <http://www.care.oekoeffizienz.de>

Schmidt, M.: Betriebliches Stoffstrommanagement. In: Dyckhoff, H.: Umweltmanagement: Zehn Lektionen in umweltorientierter Unternehmensführung. Springer-Verlag, Berlin et al., 2000.

Umberto Software, <http://www.umberto.de/english/>, Version 2000

Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung eines Bierherstellungsprozesses - Fallstudie

André Faustmann, Volker Lutze, Jorge Marx-Gómez, Claus Rautenstrauch

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme
Postfach 4120
D-39016 Magdeburg
Tel: +49-391-6718068
Fax: +49-391-6711216
Email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Aufstellung einer Ökobilanz zur Dokumentation der am Bierherstellungsprozess der Hasseröder Brauerei GmbH beteiligten Stoffe und Energien. Einer allgemeinen Einführung in Ökobilanzen und Stoffstromnetze folgt die Beschreibung der konkreten Fallstudie. Anhand eines ausgewählten Prozesses aus der Bierherstellung wird die Modellierung von Stoffströmen und die Ableitung von Ökobilanzen illustriert. Anschließend werden die Möglichkeiten und Grenzen der Bilanzbewertung mit Hilfe von Kennzahlensystemen diskutiert. Der Beitrag schließt mit einem Ausblick auf zukünftige Arbeiten.

1 Einleitung

1.1 Zielstellung

Die Brauerei hat die Zielsetzung, eigenverantwortlich zu einer Verringerung bzw. Vermeidung von Umweltbelastungen beizutragen, die durch ihre industrielle Tätigkeit entsteht. Die Aufstellung der Ökobilanz ist eine erste umfassende Bestandsaufnahme und Bewertung der umweltrelevanten Tätigkeiten. Hierauf aufbauend werden Umweltschutzziele

abgeleitet und ein Umweltmanagementsystem entwickelt, das letztendlich als Grundlage für die Zertifizierung nach der EMAS-Verordnung dient [vgl. Fichter (1995), Umweltbundesamt (1995)].

Die dieser Fallstudie zu Grunde liegende Methodik der Ökobilanzierung basiert auf Stoffstromnetzen. Sie werden unter Zuhilfenahme des Softwarewerkzeuges Umberto in der Version 3.1 modelliert und bewertet [vgl. Schmidt/Häuslein (1997), Häuslein/Hedemann (1995)]. Der universelle Ansatz der Stoffstromnetze ermöglicht es, Umberto sowohl für die produktbezogene Ökobilanzierung als auch für die betriebliche Ökobilanzierung einzusetzen [vgl. Schmidt (1995)]. Die Bilanzierung bezieht sich wahlweise auf das vollständige Netzwerk oder auf ein Teilnetz, wobei im konkreten Fall eine Prozessbilanz erzeugt wurde. Die Bewertung erfolgt anhand verschiedener Kennzahlensysteme, die von unterschiedlichen Institutionen entwickelt wurden (z.B. Schweizer Ökopunkt-Methode oder UBA-Methode des Umweltbundesamtes Berlin) und teilweise im Lieferumfang von Umberto enthalten sind.

1.2 Ökobilanzen

Die Ökobilanzierung ist eine Methode zur Dokumentation der mit einem Produkt oder Produktionsprozess verbundenen Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen durch:

- Zusammenstellung einer Sachbilanz von relevanten Input- und Outputflüssen eines Produktionssystems,
- Bewertung der mit diesen Inputs- und Outputs verbundenen potentiellen Umweltwirkungen,
- Auswertung der Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungen hinsichtlich der Zielstellung der Studie.

Ökobilanzen dienen damit der zahlenmäßigen Erfassung und der Auswertung von Umweltwirkungen [vgl. Heinstein/Schmidt/Meyer (1995)]. Der Ausdruck „Ökobilanz“ ist als Oberbegriff für eine Menge unterschiedlicher Methoden zur zahlenmäßigen Erfassung der Umweltauswirkungen zu verstehen [vgl. Schmidt/Schorb (1995), Seuring (1998), Rautenstrauch (1999)]. Folgende Arten von Ökobilanzen lassen sich benennen:

- *Betriebliche Ökobilanz*: Diese Ökobilanz bezieht sich auf eine Produktions- oder Unternehmensstätte, d. h. auf eine organisatorische oder betriebliche Einheit. Diese Einheit wird als „Black Box“ gesehen, da keine Analyse der innerbetrieblichen Vorgänge

stattfindet. Die Bilanz konzentriert sich auf den Input und Output an Energien und Stoffen des Unternehmens und wird häufig als Basis von Umweltberichten herangezogen.

- *Prozessbilanz:* Diese Ökobilanz untersucht die betriebsspezifischen Abläufe einzelner Produktionsschritte und ermöglicht einen genaueren Einblick in die betrieblichen Tätigkeiten. So lässt sich der Betrag der ökologischen Schädlichkeit der einzelnen Prozesse an der Gesamtumweltbelastung erkennen und aus diesem Ansatz heraus lassen sich leicht Schwachstellen und Optimierungspotentiale lokalisieren.
- *Produktökobilanz:* Die produktbezogene Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) bilanziert die Umweltauswirkungen eines Produktes über den gesamten Lebensweg, d. h. von der Energie-/Rohstoffgewinnung, Vorproduktion, Produktion, Transport, Distribution, Produktgebrauch bzw. -verbrauch bis hin zur Entsorgung.
- *Substanzbilanz:* Dauerhafte Umweltnutzungen und Umweltbeeinträchtigungen werden durch Substanzbilanzen abgebildet. Zur Gruppe der dauerhaften Umweltnutzungen zählen Flächenverbrauch, Bebauung und betrieblich bedingte Landschaftseinschnitte. Dauerhafte Beeinträchtigungen der Umwelt stellen Boden- oder Grundwasserverunreinigungen durch den Betrieb dar. Des Weiteren werden das im Betrieb vorhandene Anlagevermögen und die Lagerbestände nach ökologischen Kriterien bewertet.

1.3 Stoffstromnetze

Ein besonders flexibler und leistungsfähiger Ansatz, Stoff- und Energieströme eines Systems abzubilden, ist die Nutzung von Stoffstromnetzen [Möller (1995), Schmidt (1997)]. Bei den Systemen kann es sich sowohl um Produktionsstätten und -betriebe beliebiger Ausmaße, als auch um die Stationen auf dem Lebensweg von Produkten handeln. Somit sind Stoffstromnetze gleichermaßen für die Erstellung von Betriebsbilanzen wie Produktbilanzen geeignet. Diese Verbindung von Betriebs- und Produktbilanzen in einem Ansatz gehört zu den wichtigsten Vorzügen der Stoffstromnetze. Stoffstromnetze sind geeignet, für einen bestimmten Ausschnitt eines realen Systems Stoff- und Energieströme, die zwischen den Systemelementen (z.B. zwischen einzelnen Stufen eines umfangreichen Produktionsprozesses) bestehen, modellhaft nachzubilden. Sie schaffen damit die Grundlage für die Aufstellung von Ökobilanzen [vgl. Schmidt/Schorb (1995)]. Stoffstromnetze dienen der Erstellung von Ökobilanzen, indem die Materialien und die entsprechenden Mengen bilanzartig aufgelistet werden, welche in den Materialströmen über die Ein- und Ausgänge des Netzes mit der Systemumgebung ausgetauscht werden.

In Stoffstromnetzen werden prinzipiell zwei Arten von Vorgängen berücksichtigt und unterschieden:

- *Prozesse zur Transformation von Materialien (Transitionen, im Netz symbolisiert durch Rechtecke):* An diesen Orten werden mit Hilfe von Energien Materialien umgewandelt. Jede Transition ist einerseits mit Stellen verbunden, aus denen sie Materialien bezieht und andererseits mit Stellen, an die sie Materialien abgibt. Für jede Transition kann in dem abgebildeten Prozess entsprechend festgelegt werden, wie die Eingangs- und Ausgangsströme der Transition voneinander abhängen. Dabei werden sowohl die Art der betreffenden Materialien als auch die wechselseitigen Abhängigkeiten der jeweiligen Mengen angegeben.
- *(Zwischen-) Lagerung von Materialien (Stellen, im Netz symbolisiert durch Kreise):* Stellen sind Orte im Stoffstromnetz, an denen keine Umwandlung von Materialien stattfindet. Sie fungieren z.B. als Materiallager, sind Ein- und Austrittspunkte, an denen Materialströme in das System einfließen bzw. das System verlassen. Auf Grund der unterschiedlichen Funktionen, die Stellen in Stoffstromnetzen übernehmen können, wird in Umberto zwischen den Stellentypen Input-Stellen (Eintrittspunkte), Output-Stellen (Austrittspunkte), Storage-Stellen (Lager) und Connection-Stellen (direkter Durchfluss ohne Lagerung) unterschieden.

Neben den o.g. Netzelementen werden in Umberto weitere Symbole verwendet, die auch in den vorliegenden Modellen auftreten. Insbesondere sind dies Elemente, die durch die Anwendung von Subnetzen benutzt werden. Subnetze werden bei den Netztransformationen zur Verfeinerung sowie Vergrößerung angewendet, um eine gewisse Übersichtlichkeit in dem modellierten Netz zu erreichen. Eine hierarchische Struktur entsteht durch Schaffung eines Netzes „hinter“ einer bestehenden Transition. Stehen Stellen im übergeordneten Netz in Verbindung mit einer Transition, die ein Subnetz beinhaltet, erscheinen diese Stellen als *Netzübergangsstellen* im Subnetz. Dieses gilt für die Stellen vom Typ Input, Output und Connection.

Die Stellen und Transitionen werden über Verbindungen (Kanten) miteinander verbunden, sodass sich eine Netzstruktur ergibt. Verbindungen führen entweder von einer Transition zu einer Stelle oder von einer Stelle zu einer Transition. Eine Verbindung zwischen zwei gleichartigen Netzelementen ist nicht gestattet. Entlang der Verbindungen fließen die Stoff- und Energieströme. Die Pfeilspitze gibt die Richtung der Ströme an, ein Strom in die umgekehrte Richtung ist nicht zulässig.

2 Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung

- Fallstudie „Bierherstellung Hasseröder Brauerei“

2.1 Ziel- und Rahmenfestlegung

Die Hasseröder Brauerei GmbH, für die eine prozessbezogene Ökobilanz erstellt wurde, ist ein Unternehmen der Lebensmittelbranche, das ausschließlich Bier der Marke „Hasseröder Premium Pils“ herstellt und somit ein Ein-Produkt-Betrieb ist.

Als funktionale Einheit, die den Nutzwert eines Produktes oder die spezifische Dienstleistung, auf den alle Daten bezogen sind, beschreibt, wurde in der vorliegenden betrieblichen Ökobilanz der Hasseröder Brauerei GmbH als funktionale Einheit *Hektoliter Verkaufsbier* (hl VB) gewählt. Die Eröffnungsbilanz begrenzt sich auf den Produktionsstandort „Nord-West“ im Gewerbegebiet „Nord-West“ der Stadt Wernigerode, Bundesland Sachsen-Anhalt. Als zeitlicher Bezugsrahmen wurde das Braujahr 1999 (1. Oktober 1998 bis 30. September 1999) vorgegeben.

2.2 Sachbilanz

2.2.1 Prozessstruktur (Beschreibung des Bierherstellungsprozesses)

Um den Beitrag der betriebsinternen Prozesse zur gesamten Umweltbelastung des Betriebes herausstellen zu können, ist es notwendig, die internen Arbeits- und Herstellungsabläufe in der Sachbilanz zu erfassen und möglichst detailliert aufzuführen. Dazu sind Kenntnisse über die innerbetrieblichen Zusammenhänge genauso notwendig, wie der Überblick über die am jeweiligen Produktionsprozess beteiligten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe. Abbildung 1 zeigt Vorketten und Produktionsstufen mit ihren Produkten bzw. Dienstleistungen. Die Pfeile kennzeichnen sowohl die Abarbeitung als auch die Flussrichtung der Materialien bzw. Zwischenprodukte. Auf der linken Seite der Abbildung ist die Hauptproduktionslinie, die Herstellung von Verkaufsbier, beginnend mit der Kaltwürzebereitung (Sudhaus) dargestellt. Anschließend wird im Gär- und Lagerkeller (Gärkeller) Unfiltrat hergestellt, das im Filterkeller zu Bier filtriert wird. Im Flaschen- und KEG-Keller erfolgt die Abfüllung des Bieres in Mehrwegflaschen (0,33 und 0,5 Liter) sowie die Abfüllung in Fässern (10, 30 und 50 Liter). Der rechte Zweig stellt produktionsbegleitende Prozesse dar. Diese dienen der Aufbereitung und Bereitstellung von Wasser, Warmwasser, Eiswasser, Dampf, Strom und Kälte sowie dem Abführen und Aufbereiten von Abwasser. Die dargestellten Produktionsstufen sind Teil der Sachbilanzierung der Hasseröder Brauerei GmbH.

Die Innenlogistik ist sowohl für den innerbetrieblichen Transport als auch für die Versorgung der einzelnen Produktionsbereiche mit Energien, Wasser und Kälte bzw. Abtransport von Abfällen und Abwasser verantwortlich. Weitere Beschreibungen des Bierherstellungsprozesses finden sich z.B. in [Heyse (1994), Kunze (1994), Narziss (1992)].

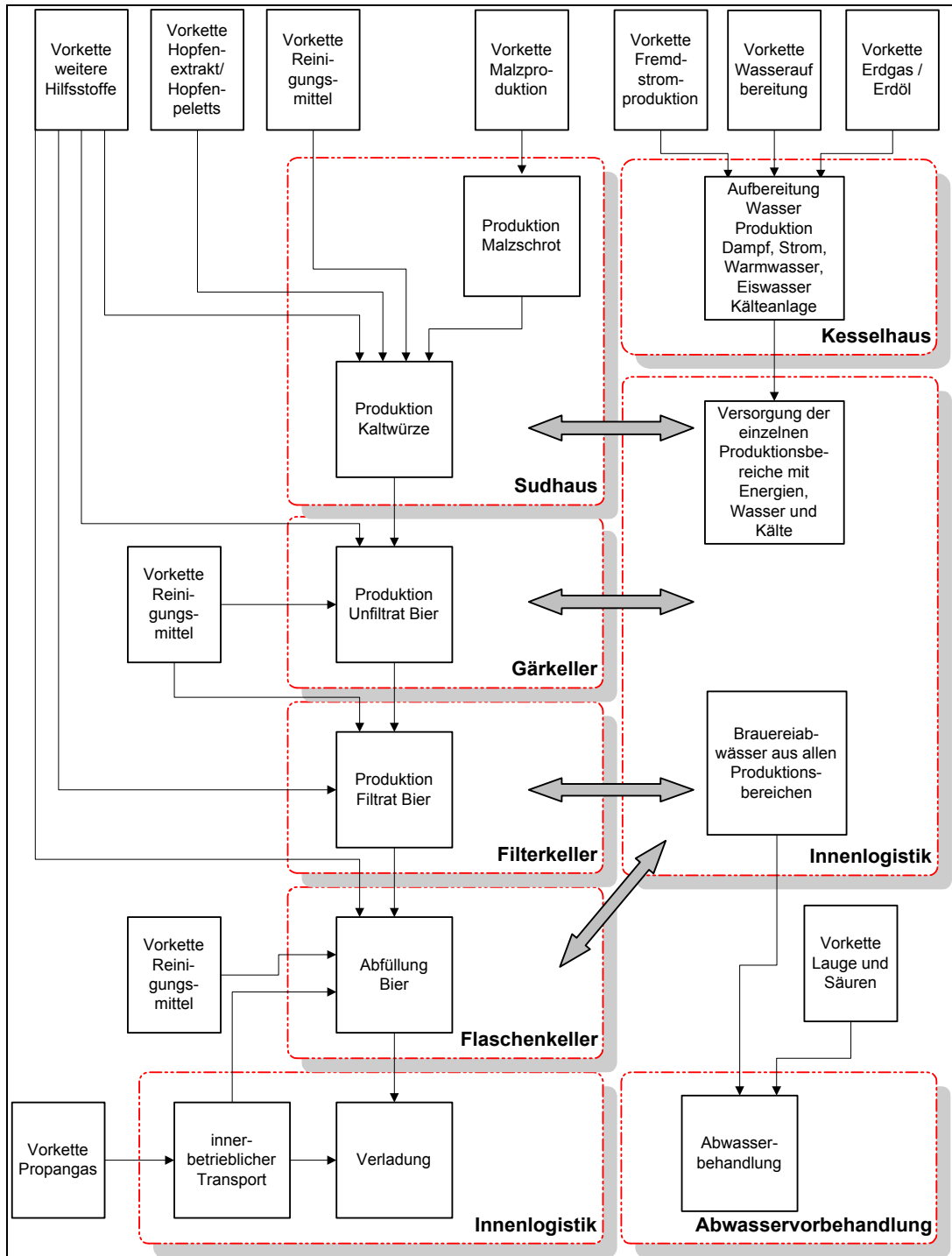


Abbildung 1 Prozessketten der Hasseröder Brauerei GmbH (Übersicht)

2.2.2 Datensammlung

Für die Ökobilanzierung von Produktionsprozessen ist es notwendig, genaue Daten über Verbrauch und Entstehung von Materialien zu ermitteln. Obwohl dies theoretisch denkbar ist, stößt eine Datensammlung in einem Unternehmen an verschiedene Grenzen. Oftmals sind nur betriebsweite Verbräuche dokumentiert (Abteilung Einkauf); die Aufteilung auf Abteilungen oder einzelne Anlagen ist aber aus verschiedenen Gründen nicht möglich. An dieser Stelle müssen „unternehmensweite Verbräuche“ definiert werden. Bei Ein-Produkt-Unternehmen können diese an die Menge des produzierten Hauptproduktes gekoppelt werden. Voraussetzung dafür ist ein proportionales Verhältnis zwischen Produktions- und Verbrauchsmengen. Weiterhin treten für einige Stoffe schwankende oder sporadische Verbräuche auf. Wenn diese im gesamten betrachteten Zeitraum regelmäßig auftreten oder die Schwankungen um einen Mittelwert pendeln, können statistische Verfahren zur Verbesserung der Datenqualität und zur Schließung von Datenlücken beitragen.

In anderen Fällen steht der Aufwand für Messung oder anderweitige Erfassung in keinem Verhältnis zum erwarteten Ergebnis. Das ist beispielsweise der Fall, wenn über große Zeiträume hinweg nur sporadisch geringe Mengen an Material benötigt werden. Die Datensammlung in einem Unternehmen gestaltet sich teilweise schwierig. Die benötigten Dokumentationen sind lückenhaft oder fehlen ganz. Eine wichtige Hilfe sind Prozessbeschreibungen und Rezepturen. An den Antriebsmotoren der in der Brauerei verwendeten Pumpen und Transportbändern finden sich fast immer Typenschilder mit Kenndaten. Diese können, falls andere Möglichkeiten der Datenerfassung fehlen oder zu ungenau sind, Anhaltspunkte für den Energieverbrauch liefern.

2.2.3 Zusammenführung Daten und Prozessstruktur

Nach der Modellierung des Produktionsprozesses muss das Gesamtmodell um die ermittelten oder berechneten Daten ergänzt werden. Wichtig dabei sind relative Verbräuche. Auf Grund der Größe der Netze werden in den nachfolgenden Abbildungen beispielhaft nur Prozessausschnitte dargestellt. Aus Abbildung 6 sind die Arbeitsfenster Material und Teilprozesse in Umberto ersichtlich. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Vorgänge der Würzebereitung im Sudhaus, dargestellt in einem mit den erhobenen und aufbereiteten Daten spezifizierten Stoffstromnetz. Abbildung 2 zeigt, wie Malzschrot mit Hilfe von Wasser in einem Einmaischgefäß verrührt und in einer Maischbottichpfanne und Maischpfanne zu Maische verarbeitet wird.

Das Prozessmodell muss Schritt für Schritt vervollständigt und unter Umständen sogar in geringem Umfang korrigiert werden. Korrekturen sind dann erforderlich, wenn es durch

nicht direkt erfassbare Stoff- oder Energieströme erforderlich wird, aggregierte Daten im Modell unterzubringen.

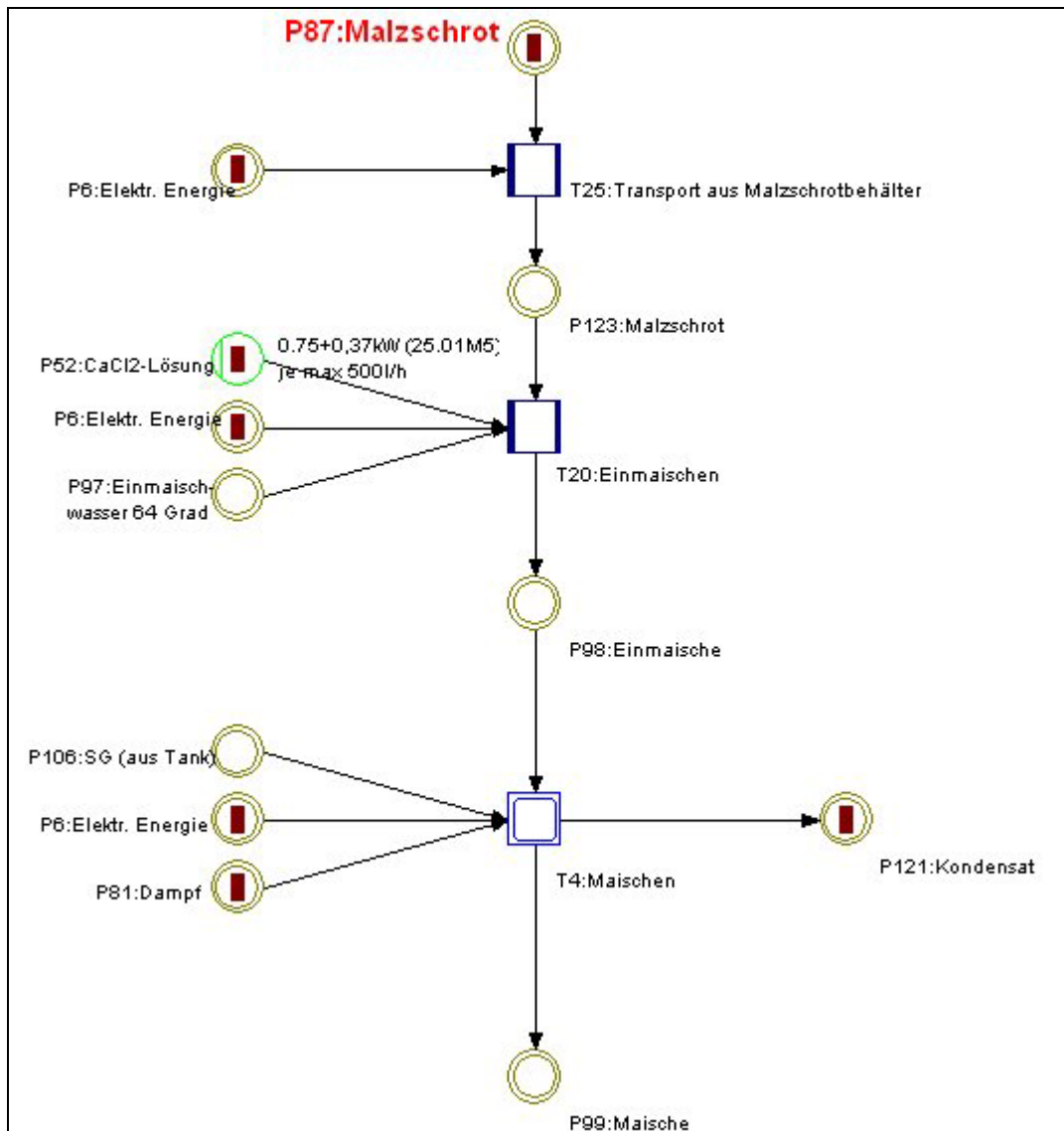


Abbildung 2 Sudhausausschnitt: Teilprozesse Einmaischen und Maischen

In Abbildung 3 wird gezeigt, wie die hergestellte Maische dem Läuterbottich zugeführt wird, der mit dem Läutern Vorderwürze und Nachgusswürze entstehen lässt. Die festen Bestandteile der Maische fallen hier als Treber ab. Die Güsse werden in einem Vorlaufgefäß gesammelt und dann unter Erwärmung mittels eines Wärmetauschers zur Würzko-

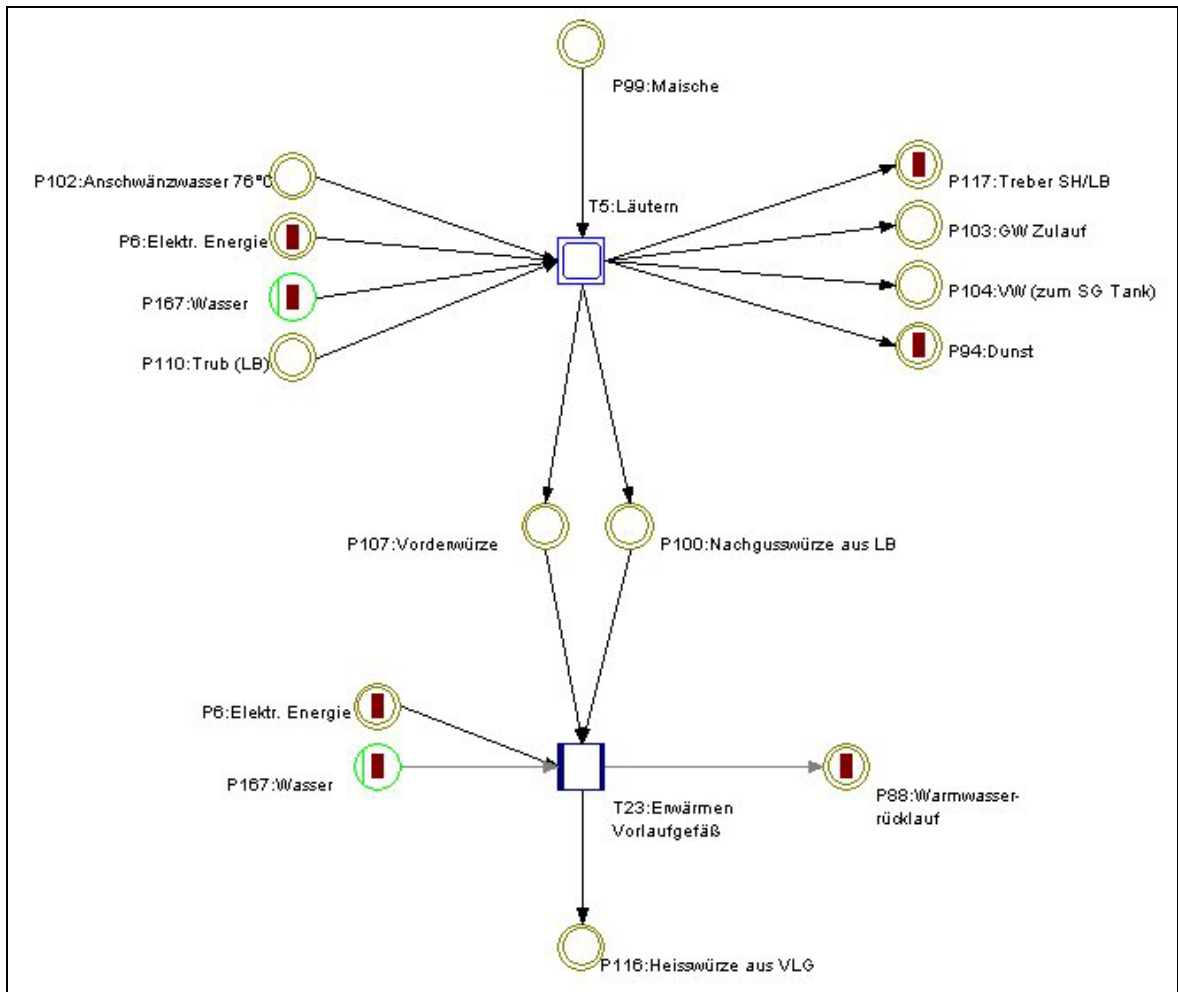


Abbildung 3 Sudhausausschnitt: Teilprozess Läutern und Würzeerwärmung

In der Würzpfanne findet eine Würzekochung mittels Dampf in einem Außenkocher statt. Zudem wird ein Brüdenverdichter eingesetzt, um Sekundärenergie bei der Kochung zu sparen. Die gekochte Heißwürze wird schließlich in einen Whirlpool gegeben, in dem sich der Trub (feste Restbestandteile in der Würze) in der Mitte dieses Gefäßes sammelt und abgezogen wird (wird wiederverwendet). Die Würze wird dann separiert (von ganz feinen Bestandteilen gereinigt), gekühlt (Eiswasser) und in den Gärkeller geleitet. Diese Prozesse sind in Abbildung 4 veranschaulicht.

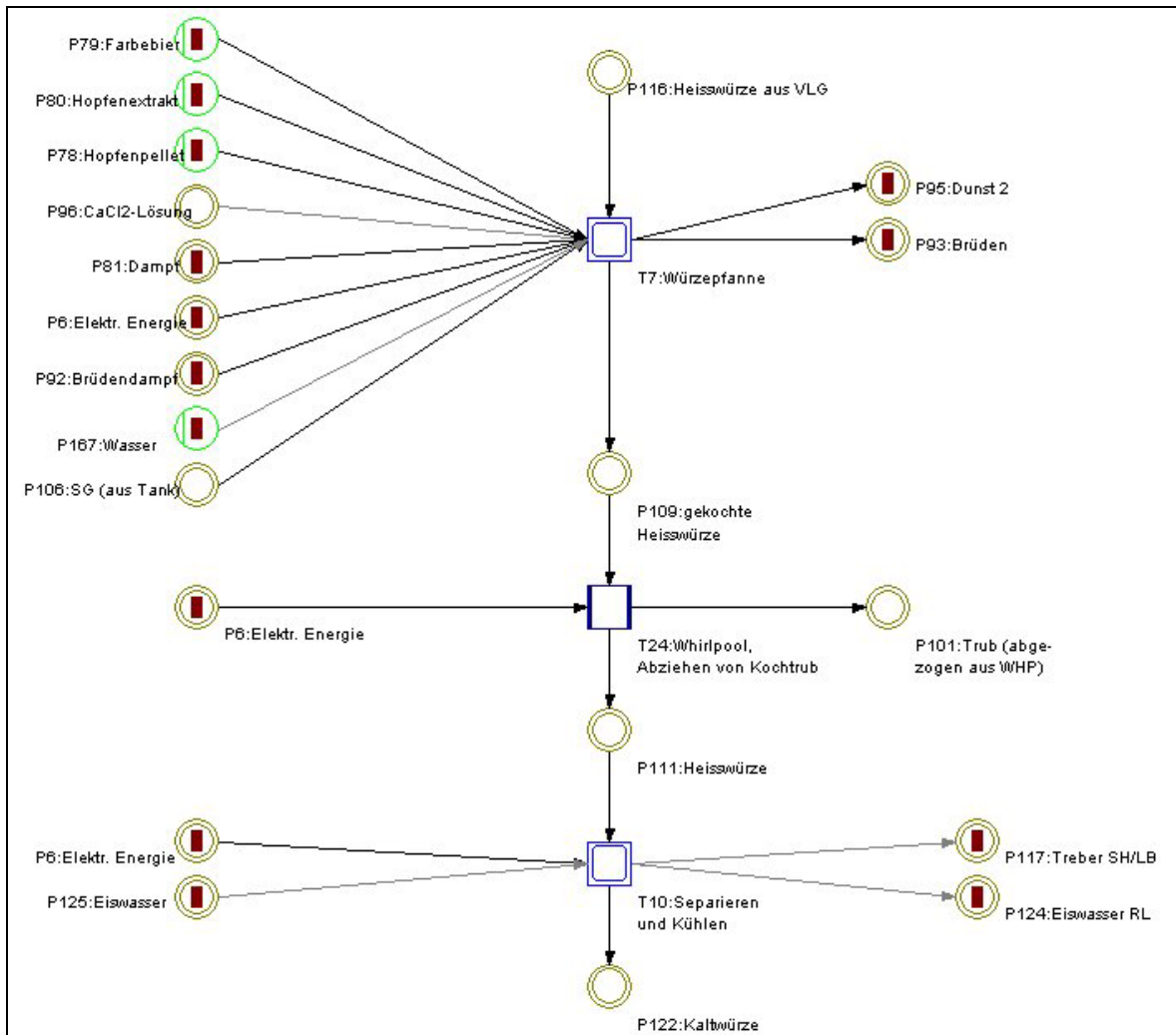


Abbildung 4 Sudhausausschnitt: Teilprozesse Würzekochung, Separation und Kühlung

Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt aus der Filtration. Das im Gärkeller entstandene Unfiltrat (Bier mit Hefeflocken) muss von Hefebestandteilen und Eiweißen befreit werden, um eine hohe Qualität und Haltbarkeit zu gewährleisten. Im ersten Teil findet eine Filtration mittels Kieselguren statt. Hier werden die Hefebestandteile entfernt. Dann erfolgt die Entnahme von Eiweißen. Dies geschieht mittels der PVPP-Filtration. Schließlich wird das PVPP wieder aus dem Bier entfernt, zur Zwischenlagerung in Drucktanks gepumpt, um später in die Abfüllung zu gelangen.

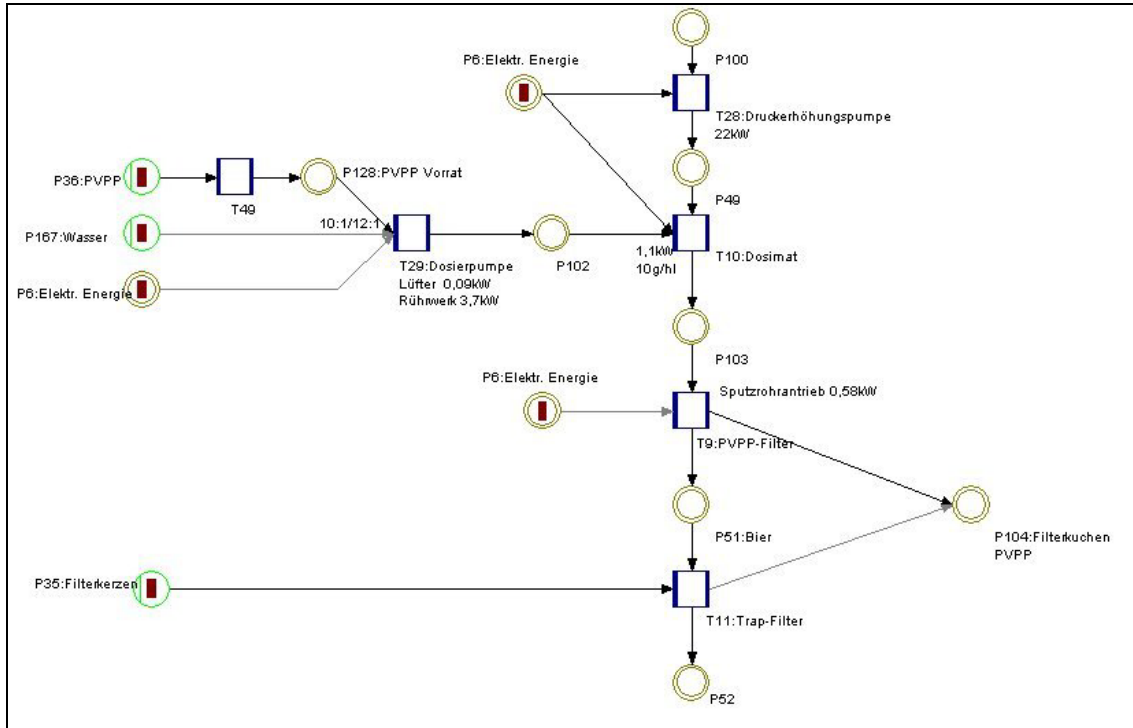


Abbildung 5 Ausschnitt: Filterkeller PVPP-Filtration

Materials (Language: Deutsch)

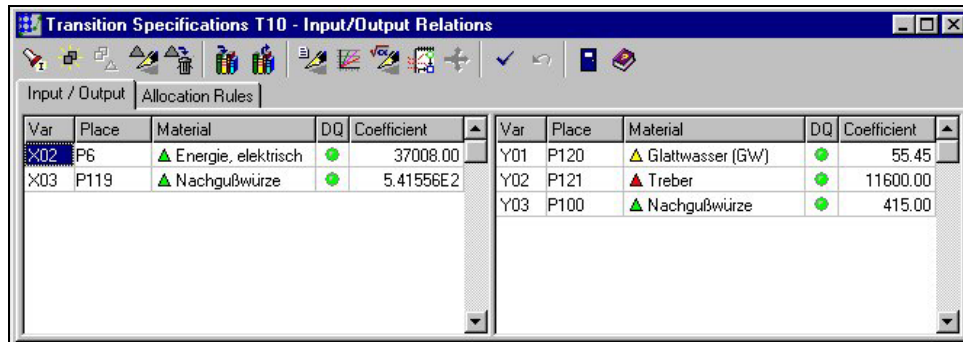
Material	B.Unit	D.Unit	F.Unit
▲ Etiketten, Fass	kg	kg	kg
▲ Etiketten, Flasche	kg	Stk	kg
▲ Etiketten, Hals	kg	Stk	kg
▲ Etiketten, Rücken	kg	Stk	kg
▲ Fasskappen, alt	kg	kg	kg
▲ Fasskappen, neu	kg	Stk	kg
▲ Feststoffe UF	kg	kg	kg
▲ Filterkerzen	kg	Stk	kg
▲ FLKästen anderer Abfüller	kg	kg	kg
▲ Flaschen, neu	kg	Stk	kg
▲ Fässer, defekt	kg	kg	kg
▲ Fässer, neu	kg	kg	kg

Gärkeller

CO2-Gewinnung (teilweise schematisch, Energievie als nicht aufteilbare Position zur B)

Abbildung 6 Arbeitsfenster in Umberto Materialliste und Teilprozesse

Für jede einzelne Transition im Netz muss eine Relation zwischen den eintretenden und erzeugten sowie austretenden Materialien gebildet werden. Die eingetragenen Werte innerhalb des gesamten Stoffstromnetzes müssen konsistent sein. Da über längere Zeiträume betrachtet die gelagerte Materialmenge weder negative Werte annehmen noch unbegrenzt wachsen kann, ist die Annahme durchaus plausibel, dass der Zufluss von Stoffen in Lagern gleich dem Abfluss von Stoffen aus Lagern ist. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel einer Transitionsspezifikation aus dem Bereich Sudhaus.



Var	Place	Material	DQ	Coefficient
X02	P6	▲ Energie, elektrisch	●	37008.00
X03	P119	▲ Nachgußwürze	●	5.41556E2

Var	Place	Material	DQ	Coefficient
Y01	P120	▲ Glattwasser (GW)	●	55.45
Y02	P121	▲ Treber	●	11600.00
Y03	P100	▲ Nachgußwürze	●	415.00

Abbildung 7 Transitionsspezifikation im Bereich Sudhaus

Alle in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellten Stoffstromnetze beziehen sich auf den Betriebsbereich Sudhaus. Das Gesamtnetz für alle in Abbildung 1 dargestellten Betriebsbereiche besteht aus einem Hauptnetz und 18 Subnetzen, die hierarchische Verfeinerungen für Einzelprozesse sind. Insgesamt umfasst das Gesamtmodell 346 Transitionen und 1128 Stellen. Die Betriebsökobilanz beinhaltet auf der Input-Seite 42 Stoffe und eine Energie. Die Output-Seite dokumentiert 19 Stoffe.

2.2.4 Berechnung der Input- und Outputströme

Umberto bietet neben der grafischen Prozessmodellierung eine numerische Auswertung von Produktions- und Verbrauchszahlen. Man kann dabei von einer Materialvorgabe (z. B. Menge Verkaufsbier) unter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen den Transitionen und den eingetragenen Stoff- und Energieverhältnissen ausgehen. Für jede definierte Verbindung zwischen zwei Elementen werden die zugehörigen Materialströme berechnet. Das Netz wird soweit berechnet, dass in allen Input- und Output-Stellen die Menge der in das System einströmenden bzw. das System verlassenden Stoffe und Energien in Summe erscheinen. Die Gegenüberstellung der Input- und Output-Materialien in einer Tabelle ist schließlich die Bilanz des betrachteten Zeitraumes in Bezug auf die Berechnungsgrundlage (in diesem Fall Menge Verkaufsbier). Auf Grund teilweise noch fehlender Daten oder schwankender Relationen bei der Produktion können die errechneten Werte nicht vollstän-

dig mit den realen Betriebswerten übereinstimmen. Bei genauer Modellbildung und korrekter Datenerfassung sind aber gute Übereinstimmungen erreichbar. Abbildung 8 zeigt die erzielte Prozessbilanz der Hasseröder Brauerei für den Betrachtungszeitraum 10/1998 bis 09/1999. Aus Gründen des Datenschutzes wurden die Mengenangaben für die Materialien bzw. Energien in der Grafik geändert und entsprechen somit nicht der Realität.

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
☐ Brauereistoffe			☐ Brauereistoffe		
▲ Bier UF Alte Brauerei	313050.775	hl	▲ Abfall, kompostierbar	255941.067	kg
▲ Bindfaden	2105453.945	lfd m	▲ Ausputz	126913.333	kg
☐ Chemische Stoffe und CIP			▲ Bier (Verkauf)	8503259.890	hl
▲ Calgonit 1155	5876.110	kg	▲ Glasbruch	687145.916	kg
▲ Calgonit 1166	8905.470	kg	▲ Paletten, defekt	1099.650	Stk
▲ Calgonit 4030	15876.240	kg	▲ Treber	17775064.603	kg
▲ Calgonit 7013	66791.560	kg	▲ Verkaufshefe	10956.105	kg
▲ Harnstoff	6199.876	kg	☐ Emissionen (Luft)		
▲ HCl 5%	122965.144	kg	▲ Staub	15.663	kg
▲ HNO3 50%	75725.125	kg	☐ Verbindungen, anorg. (L)		
▲ Jalu Sauer	49677.645	kg	▲ Distickstoffmonoxid	11.099	kg
▲ Laugenadditiv (LAO)	19544.770	kg	☐ Kohlendioxid (L)		
▲ NaClO2	564.120	kg	▲ Kohlendioxid, fossil	2224252.201	kg
▲ NaOH 50%	678496.450	kg	▲ Kohlendioxid, un spez.	323968.317	kg
▲ PVPP	15.460	kg	▲ Kohlenmonoxid	1178.568	kg
▲ Sporexalin/Perosin	2566.810	kg	▲ NOx	443.358	kg
▲ StarTrack, Bandschmierung	16225.262	kg	▲ Schwefeldioxid	10.617	kg
▲ WDP	6665.677	kg	☐ VOC (L)		
▲ Etiketten, Bauch	158060015.273	Stk	▲ Methan	155.300	kg
▲ Etiketten, Hals	159230139.288	Stk	☐ NMVOC (L)		
▲ Etiketten, Rücken	159983419.537	Stk	▲ NMVOC, un spez.	163.913	kg
▲ Fasskappen, neu	1546789.155	Stk	☐ Emissionen (Wasser)		
▲ Filterkerzen	1789.600	Stk	☐ Indikatorparameter		
▲ Flaschen, neu	2349945.660	Stk	▲ CSB	58463.053	kg
☐ Gasförmige Zusatzstoffe			☐ Wasser		
▲ CO2 (Zukauf)	591005.691	kg	▲ Abwasser, un spez.	2131214.040	hl
▲ Luft (Umgebungs-)	5691874.910	cbm			
☐ Grundzutaten					
▲ Farbebier	7655.123	kg			
▲ Hopfenextrakt	123.879	kg			
▲ Hopfenpellets	987.197	kg			
▲ Malz	16591.563	t			
▲ Kieselgur, fein	55678.334	kg			
▲ Kieselgur, grob	7254.462	kg			
▲ Kieselgur, mittel	66023.805	kg			
▲ Kieselgur, Stabilisator	23498.525	kg			
▲ Kronkorken, neu	170855510.768	Stk			
▲ Leergutpaletten auf LKW	304988.823	Stk			
▲ Leim	167334.654	kg			
▲ Paletten, neu	100434.243	Stk			
☐ Energieträger					
▲ Energie, elektrisch (Fremd)	1460757.073	kWh			
▲ Propan	429599.758	kg			
☐ Energieträger, sekundär					
▲ Erdgas	1010457.854	kg			
☐ Wasser					
▲ Wasser	1714046.270	hl			

Abbildung 8 Prozessbilanz Hasseröder Brauerei GmbH

2.3 Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung

Ökobilanzen haben einen dokumentierenden Charakter. Die einzelnen Materialien der Sachbilanz sind lediglich mengenmäßige Werte, aus denen die ökologische Schädlichkeit der Prozesse nicht abzulesen ist. Mit der Sachbilanz können ökologische Schwachstellen nur eingegrenzt werden. Eine Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung verschafft genaue Aussagen über die Umweltrelevanz der Emissionen und Abfallmengen bestimmter Bereiche [Schmidt (1997b)]. Voraussetzung für die Einschränkung der Verwendung umweltschädigender Materialien ist eine Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung, deren Ziel die Ermittlung von entscheidungsrelevanten Kennzahlen darstellt. Kennzahlen werden aus Einzeldaten der Sachbilanz und anderen Kennzahlen berechnet, wodurch die Kennzahlensysteme entstehen [Müller-Beilschmidt (1997)]. Auch die Sachbilanz der Hasseröder Brauerei GmbH wurde den Kennzahlensystemen von Umberto zur Abschätzung und Bewertung unterzogen, mit dem unbefriedigenden Resultat, dass die Ergebnisse unvollständig sind und nicht weiter verwendet werden können. Ein Vergleich zwischen den einzelnen Resultaten der Kennzahlensysteme ist auf Grund der Unzulänglichkeiten nicht sinnvoll. Lediglich die Eco-Indicators-Methode liefert durch ihre einfache Aggregation von Luft- und Wasseremissionen innerhalb der Methode sinnvolle Werte. In den Abbildungen 9 und 10 sind die mit der Eco-Indicators-Methode erzielten Ergebnisse dargestellt.

Bei der Anwendung der Kennzahlensysteme tauchen verschiedene Allokationsprobleme auf. Grundsätzlich lassen sich alle Elemente der Kennzahlensysteme zu Materialien der Bilanz zuordnen. Problematisch ist jedoch die Zuordnung von bestimmten Brauereimaterialien, Reinigungsmitteln und Abfällen. Auch eine Allokation zu Materialgruppen bringt nicht den gewünschten Erfolg. Eine Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung ist aus heutiger Sicht mit den vorhandenen Kennzahlensystemen nur möglich, wenn sie um Elemente erweitert werden, die eine Zuordnung der Materialien möglich machen. Daher wurde, abgesehen von der Eco-Indicators-Methode, keine Abschätzung und Bilanzbewertung vorgenommen.

Item	Quantity	Unit
▣ _Teilergebnisse		
◆ Treibhauseffekt	1725.587	NanoPunkte
◆ Ozonschichtzerstörung	0.000	NanoPunkte
◆ Versauerung	558.686	NanoPunkte
◆ Nährstoffeintrag	778.452	NanoPunkte
◆ Schwermetalle	0.000	NanoPunkte
◆ Kanzerogenität	0.000	NanoPunkte
◆ Winter Smog	12.608	NanoPunkte
◆ Sommer Smog	44.230	NanoPunkte
◆ Pestizide	0.000	NanoPunkte
◆ _Gesamtbewertung	3119.564	NanoPunkte

Abbildung 9 Bewertung nach Eco-Indicators-Methode

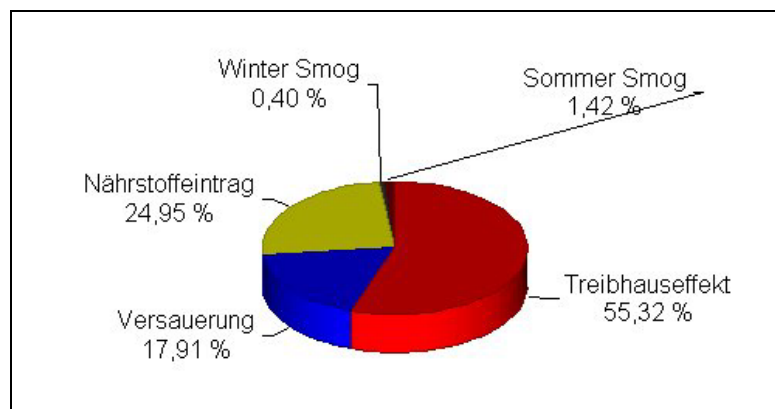


Abbildung 10 Grafik Ergebnis Eco-Indicators-Methode

2.4 Schwachstellen- und Optimierungsanalyse

Die Schwachstellenanalyse hat zum Ziel, Betriebsbereiche zu identifizieren, in denen Umweltschutzmaßnahmen sinnvoll und notwendig sind. Oft werden Interpretationen der Sachbilanz vorgenommen, um erste Quellen der Umweltbelastungen einzugrenzen. Allerdings genügt eine Interpretation auf der Ebene der Sachbilanz nicht immer. Dies ist besonders dann der Fall, wenn verschiedene Schadstoffe mit einer unterschiedlichen ökologischen Relevanz verglichen werden müssen. Hier ist das Lokalisieren von ökologischen Schwachstellen durch eine Bilanzbewertung sinnvoll. Komplexe Produktionsprozesse bedingen einander. Einzelne isolierte Maßnahmen zur Beseitigung der Schwachstellen können nicht gewünschte Nebeneffekte nach sich ziehen und so den angestrebten Erfolg behindern. Sinnvoll ist es, die ermittelten Schwachstellen und mögliche Verbesserungsmaßnahmen durch gezielte Veränderung der Stoffstromnetze zu analysieren. Die Wirksamkeit der Veränderungen wird an der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung abgelesen

[vgl. Rautenstrauch (1999), S. 52]. Durch den Einsatz alternativer Rohstoffe, dem Schließen von Stoffkreisläufen und dem Ersetzen kompletter Teilprozesse können erkannte Schwachstellen beseitigt oder zumindest abgeschwächt werden. Die Hasseröder Brauerei GmbH hat an ihrem Standort Nord-West ein sehr modernes Werk aufgebaut. Die dort eingesetzten Anlagen entsprechen dem neuesten Stand der Technik und halten dadurch die staatlichen Umweltauflagen ein. Die Produktionsanlagen und Produktionsprozesse sind so organisiert, dass unter anderem nur die nötigen Ressourcen und Energien eingesetzt werden bzw. der Umfang von Emissionen und Abfällen so gering wie möglich gehalten wird. Das vorrangige Ziel ist aus wirtschaftlicher Sicht eine Kostenminimierung, die in diesem Fall maßgeblich zum Umweltschutz beitragen kann. Ein weiterer wichtiger Punkt besteht darin, dass die Herstellung eines Bieres ganz bestimmte Prozessketten, zeitliche Abfolgen und Umgebungszustände benötigt. Diese sind historisch gewachsen, mit den Jahren verbessert worden und ohne ausreichende Brauereikennnisse nicht weiter optimierbar.

Auch in Anbetracht der Tatsache, dass es bei der Bilanzanalyse zu Allokationsproblemen zwischen den Projektmaterialien und den Elementen der Kennzahlensysteme kommt und damit keine zweckmäßigen Ergebnisse erreicht werden können, ist eine Schwachstellenanalyse bezüglich einer bewerteten Ökobilanz nicht sinnvoll.

3 Ausblick

Die Hasseröder Brauerei GmbH hat es sich zum Ziel gesetzt, ein betriebliches Umweltmanagementsystem einzuführen und sich dieses gemäß Öko-Audit-Verordnung zertifizieren zu lassen. Hierfür bot sich die Realisierung einer ersten umfassenden Bestandsaufnahme aller umweltrelevanten Tätigkeiten im Unternehmen mittels einer Ökobilanz an. Im Rahmen der vorliegenden Fallstudie wurde ein komplexes Stoffstromnetz des Bierherstellungsprozesses mit dem Programm Umberto erstellt und mit gesammelten Daten spezifiziert, wodurch die Grundlage für die Sachbilanz geschaffen wurde. Auf Grund der fehlenden Übertragbarkeit der Ergebnisse in verfügbaren Kennzahlensystemen konnte eine ökologische Schwachstellenanalyse mit anschließender Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung nicht durchgeführt werden. Zur Wirkungsabschätzung und Bewertung der vorliegenden Sachbilanz müssen die vorhandenen Kennzahlensysteme um solche Elemente erweitert werden, die eine Abschätzung und Bewertung der nicht einzuordnenden Stoffe und Energien erlauben. In einem Nachfolgeprojekt der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik) in Zusammenarbeit mit der Hasseröder Braue-

rei sollen bestehende Bewertungsverfahren und Kennzahlensysteme analysiert und erweitert werden, um die ökologische Schädlichkeit bestimmter Materialien aufzudecken und eine ökologische Schwachstellenfindung zu ermöglichen.

4 Literaturverzeichnis

- Häuslein, A.; Hedemann, J. (1995): Die Bilanzierungssoftware Umberto. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), S. 59-78.
- Heinstein, F; Schmidt, M.; Meyer, U. (1995): Ökobilanzen im Öko-Audit – ein unvermeidliches Hilfsmittel. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), S. 245-252.
- Heyse, K.-U. (Hrsg.) (1994): Handbuch der Brauerei-Praxis. 3. Aufl., Getränke-Fachverlag, Nürnberg.
- Kunze, W. (1994): Technologie Brauer und Mälzer. 7. Aufl., VLB Verlagsabteilung, Berlin.
- Müller-Beilschmidt, P. (1997): Flexible Kennzahlensysteme mit dem „Valuation System Editor“. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 105-112.
- Möller, A.; Rolf, A. (1995): Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), S. 33-58.
- Narziss, L. (1992): Die Bierbrauerei: in drei Bänden. 7. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer Verlag, Berlin.
- Schmidt, M. (1995): Stoffstromanalysen und Ökobilanzen im Dienste des Umweltschutzes. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), S. 3-13.
- Schmidt, M. (1997): Stoffstromnetze zwischen produktbezogener und betrieblicher Ökobilanzierung. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 11-24.
- Schmidt, M. (1997b): Möglichkeiten der Wirkungsanalyse und Bewertung von Sachbilanzen. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 91-104.

- Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer Verlag, Berlin u. a.
- Schmidt, M.; Schorb, A. (1995): Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits. Springer Verlag, Berlin u. a.
- Seuring, S. (1998): Betriebliche Ökobilanzen. Grundlagen zu Begriffen, Methoden und Anwendungen. In: Sietz, M. (Hrsg.) (1998), S. 65-114.
- Sietz, M. (Hrsg.) (1998): Umweltschutz, Produktqualität und Unternehmenserfolg. Vom Öko-Audit zur Ökobilanz. Berlin u. a.
- Umweltbundesamt (1995): Handbuch Umweltcontrolling. Bundesumweltministerium, Verlag Vahlen, Berlin.

MODELING OF A DATA WAREHOUSE SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION

Sebastian Günther, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany

kslgue@web.de

Jorge Marx Gómez, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany

gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

Claus Rautenstrauch, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany

rauten@iti.cs.uni-magdeburg.de

ABSTRACT

This paper describes how a data warehouse can be constructed step-by-step from a collection of relevant queries to a logical data model and its implementation. The method presented here is based on a combination of several well-known procedures, particularly use of index numbers and the object-type method. The background of this research is a case study in the environmental planning department of a larger-sized German automobile industry company.

KEYWORDS: Data Warehousing, Snowflake schemata, Semantic modeling of Data Warehouses

1. INTRODUCTION

Despite a literal flood of articles on the topic of data warehouses, previously only a few authors have devoted efforts to modeling such systems. Generally speaking reports on data warehouse modeling are limited to the discussion of star-, snowflake- and galaxy schemata, without any further treatment of methodical questions [1] [2]. Only more recently have there been contributions from basic research [3] [4] and practice [5] [6] which go beyond this. The results presented here stem from a successful project realized in the frame of cooperation between the department of business informatics of the Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany and the company Volkswagen AG in Wolfsburg, Germany. In this contribution an overall method will be presented for the semantic and conceptual modeling of data warehouses based on the project results.

2. DATA WAREHOUSE SYSTEMS

The term data warehouse (DW) will be used to refer to a secondary database created with the aid of suitable extraction mechanisms from one or more operative databases. The data of the secondary database are thereby to be edited and aggregated so that they will be arranged in the most suitable manner with regard to future evaluations [7]. The first step in the generation of a DW is data transformation. All data relevant for a DW is extracted and transformed from operative databases in accord with the applicable set of rules. Transformation includes cleaning up, integrating and aggregating data, consequently one also speaks of data cleansing or data scrubbing [8]. The DW itself consists of a database for secondary data and a meta-database. The meta-database contains data on the structure of the secondary data of the DW. This includes information on the physical storage of the data and the structure and relationships (aggregation rules) of the data stored in the data warehouse. The meta-database thereby in a certain sense contains the "blueprint" of the DW. For a DW as a rule conventional relational database systems are employed. However, today there are also so-called multi-dimensional database systems (DBMSs) for the special requirements of DW solutions. These permit the storage of data in the form of multi-dimensional cubes (hypercubes) and thus form an adequate foundation for the evaluation of the data with the aid of so-called OLAP systems.

3. ON-LINE ANALYTICAL PROCESSING (OLAP)

The evaluation of information stored in a data warehouse can be done in a variety of ways. In principle all the tools suitable for data analysis can be employed here. Thus the possibility exists, for example, to load the data in an Excel worksheet and further process it there [9]. Another method is to employ statistical software, with which a multiplicity of standard statistical procedures can be applied to information from the data warehouse. However, there is a class of end-user tools which have been specially developed for the evaluation of data warehouses: so-called systems for On-line Analytical Processing (OLAP) [10]. The OLAP concept stems from [11]. The basic ideas of OLAP are:

- *Multi-dimensional evaluation:* Multi-dimensionality was already mentioned in the context of data warehouse databases. To illustrate the significance of multi-dimensionality in data warehouse environments one- and multi-dimensional queries will be contrasted. A one-dimensional query is, e.g.: "How high were emission of pollutants in October 1998?" This query has only time as a dimension. An example of a multi-dimensional query is: "How high were emission of pollutants for the manufacture of product x for the months of January and February 1998 at our Heaven and Hell subsidiary in Hanover and Wolfsburg compared with the previous year?" This query includes the dimensions emissions, time period, enterprise, space and type of data (targeted- or actual values). A special characteristic of OLAP systems is the ability to efficiently deal with such multi-dimensional queries.
- *What-if analyses:* With what-if analyses scenarios can be played through based on actual and target figures. Thus, for example, a query of the type: "How would our turnover in Europe change if we had the same growth rates as in the USA?" can be answered with the aid of OLAP systems.
- *Drill-down techniques:* Dimensions can have a hierarchical structure. Figure 1 shows, for example, hierarchical structures for the time and enterprise dimensions. With OLAP systems it is possible to represent data beyond their hierarchical structures more finely or more roughly. The user has the possibility to carry out evaluations hereby at the level of detail which is relevant for his respective task.

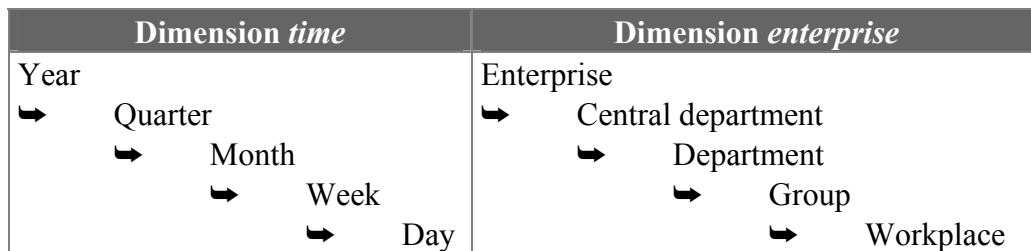


Figure 1: Hierarchical dimensions

The data structure underlying OLAP systems is the hypercube, on which the dimensions on the axes of an n-dimensional space are portrayed; each variable, also called a fact, forms a cell of the cube. Figure 2 shows a three-dimensional cube, in which each cell represents a sales (or turnover) value. Depending on the rotation of the cube, one receives the sales values for the relevant market (upper surface), quarter (front) or product (side view).

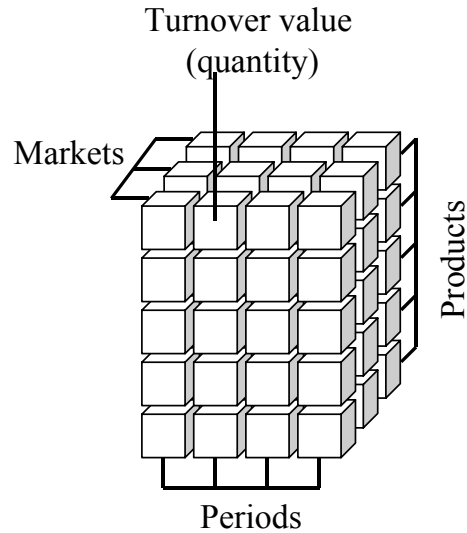


Figure 2: Data Cube

If one wants to do more with the model, one can also take a cross-section of the cube. Depending on the direction in which sections are taken through the cube, we can generate the different views of sales relevant to a product manager, financial manager or branch office manager (this technique is called "slicing"). Furthermore, a sub-cube can also be cut out as a so-called ad hoc view (this technique is called "dicing").

4. SEMANTIC MODELING OF A DATA WAREHOUSE

The modeling of DW is based on the expected evaluations, which are specified by the number of all (multi-dimensional) queries. Each query defines a fact, and the dimensions to which the fact is related. A statement collection consisting of (in the ideal case all) the queries formulated in natural languages forms the starting point for the modeling of DW systems. From the administrative viewpoint each fact describes an administrative index number. We understand an index number to be a number with concentrated information value for the diagnosis, planning, monitoring and guidance of a system. Index numbers can be calculated from other index numbers according to an index number formula, whereby hierarchically structured index number systems are created. Index numbers not used for the further calculation of index numbers are called peak index numbers, and index numbers which are not calculated from other index numbers are basic index numbers. An index number system forms the starting point for the formal modeling of the DW [4]. The facts defined in the statement collection are, however, as a rule only to a limited degree suitable for the definition of index numbers. This is caused by linguistic defects such as synonyms, homonyms, equipollences, vaguenesses or false designators. Before statements can be drawn on for the definition of an index number system, the linguistic defects of the statement system must be cleaned up through the creation of an obligatory terminological frame in a cooperation among the participating technical departments. This also holds for the terminology underlying the dimensions. The facts defined in the cleaned-up statement collection then form the basis for the definition of index number systems. As a rule facts define peak index numbers, but index numbers of lower levels can be relevant for evaluations. Index number systems should be refined sufficiently that the basic index numbers reference data elements of the operative databases. Dimensions are classes of descriptors which describe facts and are more precisely described through attributes [2]. The dimensions which are described in the cleaned-up statement collection are to be modeled as hierarchies, insofar as a hierarchical structure underlies them.

Statement collections, index number systems and dimensional hierarchies form the foundation for the creation of conceptual data models. Up to now there has been no agreement in the literature on which data modeling method is most suitable for meeting the requirements of conceptual DW data models [1]. In this project the suitability of the object type method (OTM) for the modeling of OLAP applications has been studied [12]. It was shown that only a few syntactic constructs and an enlargement of the OTM are needed for this. The applied constructs are the following:

- object types which are to be equated with entity types,
- the connection which summarizes the relationships between independent and differently designated objects to a new object domain with its own concept,
- the aggregation with which objects of a concept are grouped (summarized) with objects having a different concept.

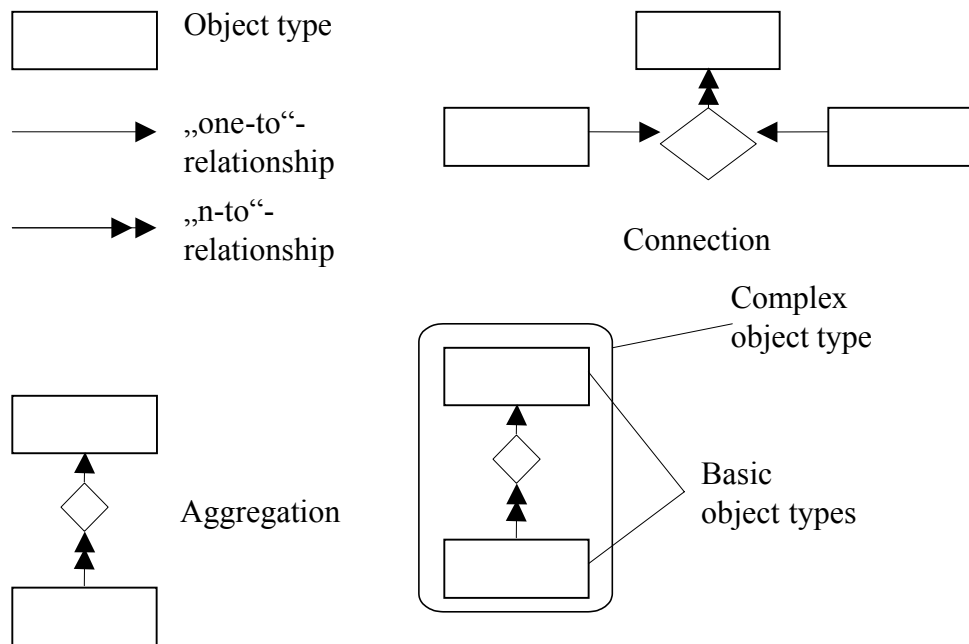


Figure 3: Employed constructs of OTM

The enlargement concerns the introduction of complex object types [13]. A complex object type summarizes the basic object types which have a hierarchical relationship to one another in a dimension. Basic object types are object types which relate on a deeper hierarchical level to a complex object type. Of course the OTM as a linguistic construct offers the so-called super object type, however, it is hereby a matter of a logical object type which is not implemented with the later realization, while the complex object type does have a physical realization. Figure 3 shows the linguistic constructs used by the OTM.

The next step is to come from statement collection, index number system and dimensional hierarchies to logical data models. Every statement contains a fact with the dimensions in the context of which it is evaluated and thereby exactly specifies an OLAP hypercube. A data model with the star schema is obtained if the fact and the dimensions are represented as respectively their own object type, and the dimensions are related in a 1:n connection to the fact.

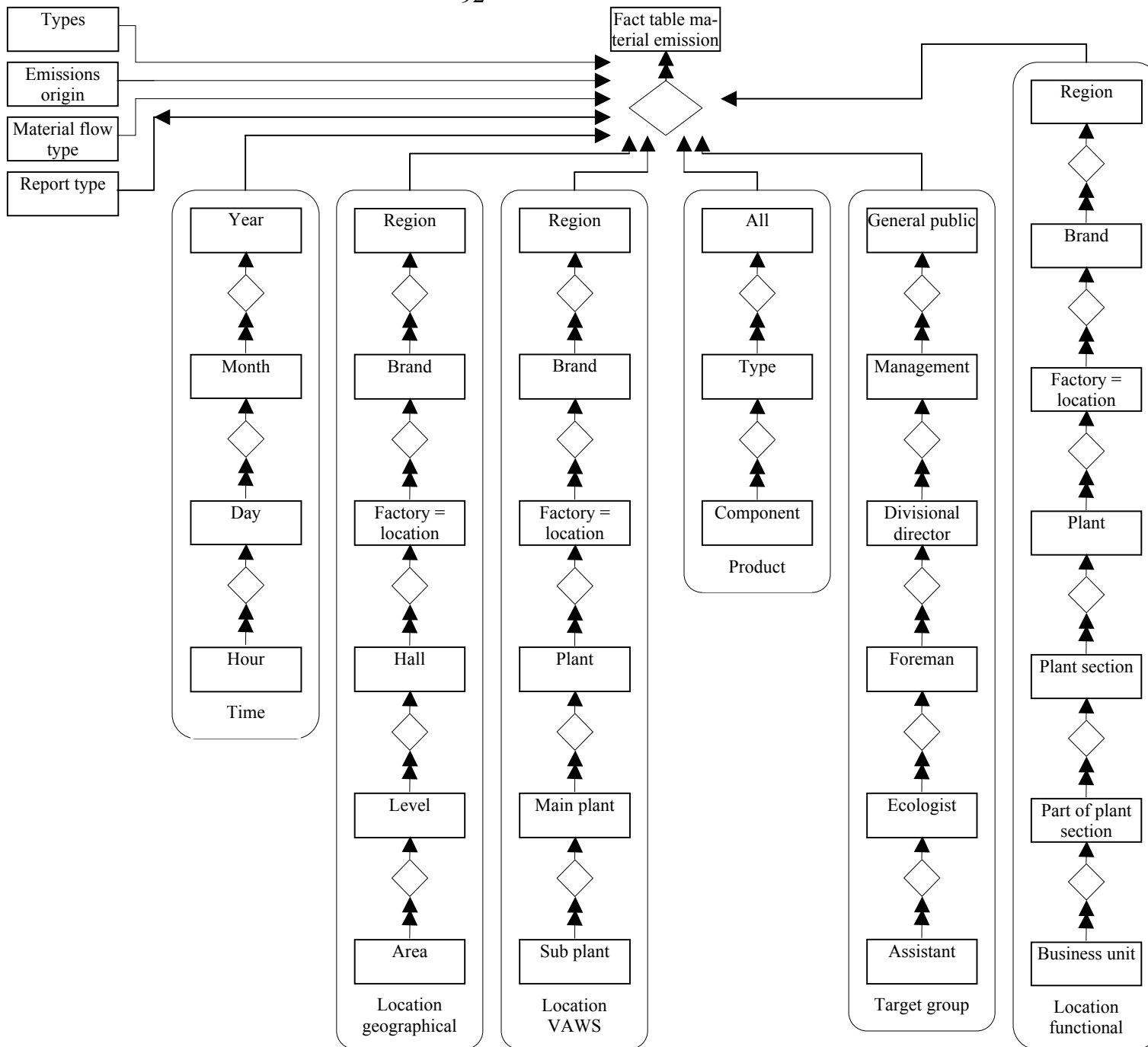


Figure 4: Employed constructs of OTM

If one opens up the dimensions according to the modeled dimensional hierarchies, one obtains the snowflake schema. Each dimensional hierarchy is modeled as a complex object type whose basic object types are connected with each other through aggregation. Figure 4 shows in OTM notation the snowflake schema for the fact "Material Emissions" from the case study.

An important domain which, however, receives too little attention in the context of modeling DW, is the modeling of integrity rules. Integrity rules specify the permissible changes in the state of the database. A DW database experiences changes in state during routine operation only when operative data are aggregated and added to the DW database, since OLAP tools can only read the database. Integrity rules thereby define the semantics of data extraction for DW systems. A popular method of modeling integrity conditions is the use of ECA rules (Event, Condition, Activity). An ECA rule must be interpreted so that a specified activity will be carried out precisely when the event occurs and the condition is fulfilled [14]. Events depend with DW systems on the transformation strategy [15]. If data propagation is applied as a strategy, then a database event, i.e., a change in a basic table of the operative database, leads to an immediate transformation in the DW. If a periodic strategy is employed, a temporal event, i.e., reaching a specific point in time or respectively the expiration of a specific period, causes a data transformation. Which strategy will be used to carry out the transformation must be respectively established for different domains of the DW, the so-called data marts. Conditions are given in the form of predicates whose truth value is checked as soon as the specified result occurs. Here, e.g., exceptions can be made ("Monday no data will be transformed"). Conditions are optional. The activity describes the transformation function to be carried out, i.e., which operative data will be aggregated in what manner into secondary data (i.e., facts). The aggregation rules are documented in the index number system as index number formulas. In addition, with the application of the data-update transformation strategy it is to be noted that only adjusted basic data are transformed in DW.

Depending on its complexity, a DW is usually not constructed as a whole, but rather step-by-step. For this purpose it is divided up into individual, maximally discrete domains, so-called data marts (Demarest 1993). Viewed in themselves these are small, transparent DWs. The DW then arises through the integration of these individual data marts. For the division of a complex DW into data marts there are two strategies: Summarized in a data mart are all objects belonging to the same business procedure (in this case the division is oriented to the structuring of business processes of the company). Or all objects of a company organization structure domain are summarized in a data mart. Which of the two variants is finally selected depends on company-specific preferences. The division of the DW into data marts should, however, occur only after the cleaning up of the statement collection. This is because cleaned-up statements greatly facilitate later integration of the individual data marts.

5. SUMMARY: A PROCEDURAL MODEL FOR THE MODELING OF DW SYSTEMS

The aim of this project was the modeling, i.e. the preparation of a star- and snowflake schemata, as a data mart for a selected area within the environmental management of Volkswagen AG. The basic idea in the development of the approach for modeling DW systems chosen for this contribution is to rely on proven concepts wherever possible, instead of reinventing the wheel. For the early phase of modeling use was made of the linguistic-critical approach [16] and of such simple structures as index number systems and dimension hierarchies. The conceptual model was then developed with a minimally expanded OTM, whereby models developed with OTM could be transferred into entity-relationship models with little loss [13]. Implementation can then be

largely realized through generation mechanisms using suitable tools. Figure 4 shows in summary the procedural model for DW modeling of this contribution.

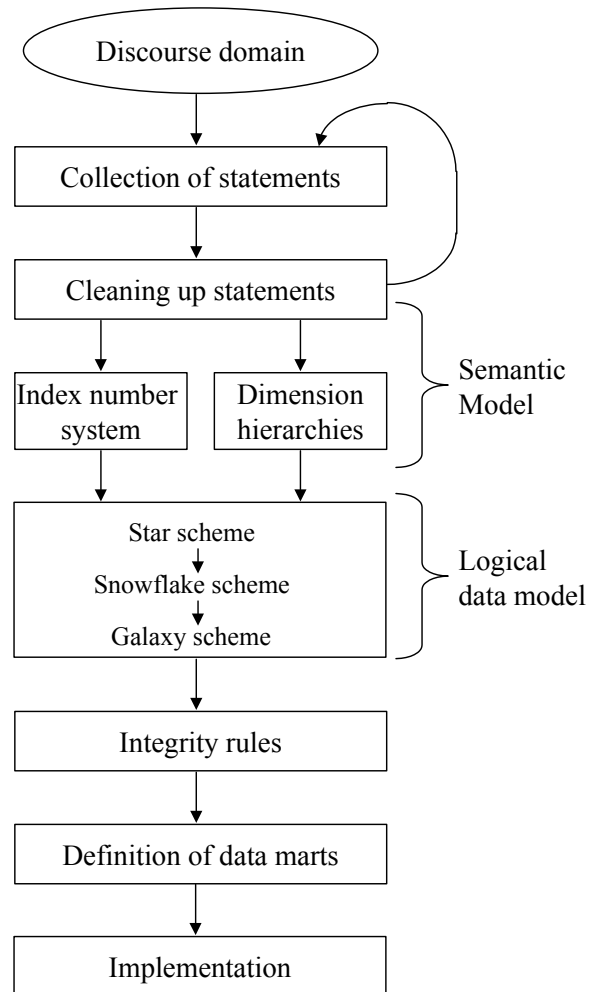


Figure 3: Procedural model

8. REFERENCES

- [1] Kimball, R.: A Dimensional Modeling Manifesto. DBMS 10 (1997) 9, <http://www.dbmsmag.com/9708d15.html>.
- [2] Raden, N.: Modeling the Data Warehouse – Introduction, General Description. <http://www.strategy.com/dwf/raden/iw01961.htm>.
- [3] Bulos, D.: A New Dimension. OLAP Database Design. Database Programming & Design 9 (1996) 6.
- [4] Gabriel, R., Gluckowski, P.: Semantische Datenmodellierungstechniken für multidimensionale Datenstrukturen. HMD 34 (1997) 195, S. 18-37.
- [5] Lehmann, P., Ellerau, P.: Implementierung eines Data Warehouse für die Verpackungsindustrie. HMD 34 (1997) 195, S. 76-93.
- [6] Altenpohl, U., Huhn, M., Schwab, W., Zeh, T.: Datenmodellierung Data Warehouse. Interner Bericht der UAG GSE Rhein-Main 1997.
- [7] Rautenstrauch, C.: Effiziente Gestaltung von Arbeitsplatzsystemen. Bonn u.a. 1997.
- [8] Widom, J.: Research Problems in Data Warehousing. In: Proceedings of the 4th International Conference on Information and Knowledge Engineering (CIKM) 1995, <http://www-db.stanford.edu/warehousing/publications.html>.
- [9] Business Objects: Business Query for Excel. Product information 1995.
- [10] Jahnke, B., Groffmann, H.-D., Kruppa, S.: On-Line Analytical Processing (OLAP). Wirtschaftsinformatik 38 (1996) 3, S. 321-324.
- [11] Codd, E. F., Codd, S. B., Salley, C. T.: Beyond Decision Support. Computer World vom 26.09.1993.
- [12] Ortner, E.: Aspekte einer Konstruktionsprache für den Datenbankentwurf. Darmstadt 1983.
- [13] Inan, Y.: Semantische Modellierung komplexer OLAP-Anwendungen mit der Objekttypenmethode (OTM) – Grundlagen und Fallstudie. Diplomarbeit Universität Konstanz 1997.
- [14] Dayal, A. P., Buchmann, A. P., McCarthy, D. R.: Rules are Objects Too: A Knowledge Model for an Active Object-Oriented Database Management System. In: Dittrich, K. R. (ed.): Advances in Object-Oriented Database Systems. Berlin et al. 1988, pp. 129-143.
- [15] Kirchner, J.: Datenveredelung im Data Warehouse – Transformationsprogramme und Extraktionsprozesse von entscheidungsrelevanten Basisdaten. In: Mucksch, H., Behme, W. (Hrsg.): Das Data-Warehouse-Konzept. Wiesbaden 1996, S. 265-299.
- [16] Ortner, E., Söllner, B.: Semantische Datenmodellierung nach der Objekttypenmethode. Informatik Spektrum 12 (1989) 1, S. 31-42.

Software Tool for Single Source Multiple Media Sustainability Reporting

Ralf Isenmann, Monika Beisel, Jan Brosowski¹, Jorge Marx Gómez²

Abstract

In this paper, we describe a software tool that provides single source multiple media sustainability reporting. This software is developed as a joint project by the Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR) at the University of Kaiserslautern, Germany, and the Institute for Technical and Business Information Systems at the Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany.

We see single source multiple media sustainability reporting as the cutting edge approach in the rapidly developing field of advanced environmental and sustainability reporting (Isenmann, Lenz and Müller-Merbach 2002; Weil and Winter-Watson 2002; Line, Hawley and Krut 2002; Scott and Jackson 2002; Shephard, Abkowitz and Cohen 2001). Such a comprehensive and forward-looking approach offers a variety of added value creating features compared with early environmental reporting stages (UNEP/SustainAbility 1994). For example, it provides a set of:

- important contents (environmental, economic, social issues and mutual interrelations) that comprise the core themes for corporate sustainability,
- different media (print media, internet, CD-ROM etc.),
- corresponding distributing principles (push, pull), and
- various presentation styles (media-specific, target group tailored).

In technological terms the system is fully supported by an underlying ICT-infrastructure that has its basis in using the internet and employing XML.

¹ University of Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: isenmann@bior.de; broowski@bior.de; beisel@bior.de; Internet: <http://www.bior.de>

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, Department Business Informatics, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

As a practical application, such a reporting approach is currently implemented as a software prototype. At the heart of its ICT architecture lies Cocoon (Apache 2003), a Java-based, modular structured, open source publishing framework, able to process XML-documents, XML-based DTDs and XML schemas, and thus suitable to provide customised sustainability reports at different levels of user modelling. The features and capabilities of this software rest on an underlying conceptual classification of sophisticated reporting, illustrated along two dimensions (Lenz 2003, 212):

- Degree of user modelling, representing the overall model of a user or a certain user group and corresponding to information needs identified and preferences stored in specific user profiles. The software tool supports a step-by-step approach in customisation, because most reporters would likely to start with stereotyping and then move towards an individualised or even personalised sustainability reporting approach.
- Degree of system adaptation, representing the capabilities to adapt the software tool to users' needs and corresponding to the extent of a system's facilities for customisation. Against a distinction between adapted, adaptable and adaptive systems, we started with an adapted approach and then we moved towards an adaptable system.

1. Scope and contents

According to the goal mentioned above the paper is structured in four parts:

- First, the rapid development in corporate environmental and sustainability reporting is described along a path in terms of a five-stage-model (UNEP/SustainAbility 1994). The cutting edge approach in the field seems to be internet-based sustainability reporting. Such a comprehensive and fully ICT supported reporting approach offers a variety of added value creating features compared with early environmental reporting stages (SustainAbility 1999 and UNEP/SustainAbility 1994, Jones and Walton 1999, 425).
- Based on this development path, we identified (i) integration of economic and social issues into environmental reports (triple bottom line reporting), (ii) provision of reports on various media and (iii) fine tuned reports according to users' needs while meeting requirements of several regulations, guidelines as three crucially important requirements reporters are being faced today. Among other currently emerging developments reporters are struggling, these trends mean a need to use software tools for sustainability reporting (GRI 2000).
- Following from this urgent need to use sophisticated ICT applications, we argue that a single source multiple media sustainability reporting software tool is a forward-looking effort, stimulating real progress in the field. Such a software tool has significant potential to facilitate and add value to reporting, internally and externally, finally to the benefit of all groups involved in or affected by the field.

- Putting the former conceptual considerations into practice, the software tool for sustainability reporting is outlined in a more detailed fashion, described along its ICT architecture and its functionality.

2. Introduction

The rapid development in corporate environmental and sustainability reporting is often described along a path in terms of a five-stage-model (fig. 1).

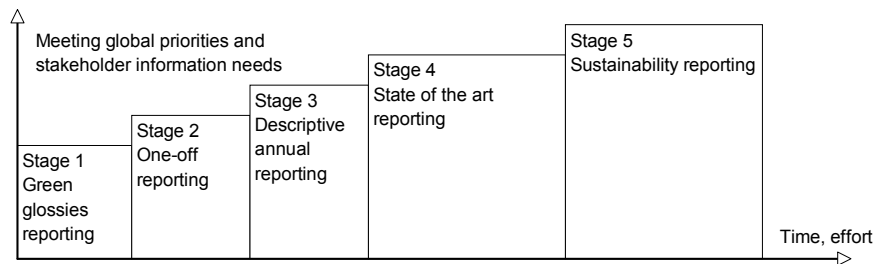


Figure 1: Development of environmental and sustainability reporting (UNEP/SustainAbility 1994)

- Stage 1: Companies produce brochures, newsletters and magazines with an ecological touch.
- Stage 2: Companies publish environmental reports as one-off-projects and not on a regular timeline. These reports are focused on environmental policies and principles.
- Stage 3: Companies prepare environmental reports on an annual basis. These reports are descriptive in their nature, cover large amount of text, but very little graphical explanations and measurable indicators.
- Stage 4: Companies provide environmental reports with more detailed information on their overall environmental activities and performance. These reports are published as hard copies, as electronic versions available on the WWW (online documents and PDF-downloads) and partly on CD-ROM.
- Stage 5: Companies disclose reports on a more comprehensive and balanced approach, demonstrating how environmental issues are linked with economic and social aspects, as stipulated by the triple bottom line approach: sustainability reporting.

In the early years – in the late 1980s and early 1990s – companies prepared smartly polished brochures and documents focused on environmental issues, solely available

on print media. As the field matured, however, it then became apparent that a narrow perspective exclusively concentrated on environmental issues ignores at its peril important interrelations with economic indicators and social aspects.

More recently, the internet – in particular the WWW – has rapidly become the popular reporting medium because of technological progress in ICT applications, software tools and internet technologies in line with their overall penetration in corporate business as well as increasing internet access of the public. Today, many companies produce paper-based reports offering electronic versions available on the WWW as supplements or replacements (Marx and Rautenstrauch 2001, 76).

In any case, companies realised that the early “honeymoon period” (DTTI and SustainAbility 1999) in which environmental reports received media and public attention just for existing rather than for what was disclosed in them is over. The provision of “green glossy brochures” does not seem to be sufficient any longer; a substantial amount of information and quality in communication are required. Further, reporting is only successful if the underlying management systems are appropriate and the associated processes and workflows are effective and operational. For example, goals have to be set, responsibilities have to be assigned to reach the goals, and outcomes must be assessed and used as the basis for the forthcoming efforts.

Many companies are going to make more use of reports, and thus a great number is moving away from obviously outdated, very early stages towards an advanced reporting approach – perhaps according to the triple bottom line, covering environmental, economic, and social aspects, and often referred to as sustainability reporting. Such a more balanced and comprehensive approach provides customised reports and other fine tuned communication vehicles on different media and in various presentation styles, meeting requirements of several regulations, guidelines and stakeholders’ different information needs (Isenmann and Marx Gómez 2004).

Companies improving their current practice are going to learn their lessons: They are clearly benefiting from reporting because they use such reports as “green” management tools (Kolk 1999), crucially for decision making with internal and external value (Ernst & Young et al. 1999), especially in the fields of cost reduction (Merrick and Crookshanks 2001), resource controlling, accounting, material and waste management (Steven, Schwarz and Letmathe 1997), reputation (Berkeley 2000), stakeholder relations, and compliance (ACCA 2003a). All in all, nowadays it seems to be merely a question of how to report on sustainability issues, and no longer a question of whether to report at all. Finally, environmental and sustainability reporting is becoming part of companies’ daily affairs, even entering the business mainstream.

3. Challenge to use software tools for sustainability reporting

Corporate environmental and sustainability reporting is a multi-faceted, rapidly developing field that is influenced by a number of driving forces (Isenmann and Lenz 2002): liabilities by national governments and international community regulations with a legal or standard setting basis like ISO's globally applicable management systems or the European Union's eco-management and audit scheme (EMAS), guidelines recommended by management initiatives and non-governmental institutions, frameworks prepared by professionals for sustainable business and environmental auditors, award schemes and other proposals from researchers and rating organisations.

Since such non-financial reporting has become part of business commonplace and hence more sophisticated, companies – especially global players, stock-quoted enterprises, sector pioneers and some in environmentally sensitive industries – have been paying increasing attention to and experimenting with alternative reporting formats, presentation styles and availability on various media. Despite a process of spreading, the rapidly emerging medium through which reports are more and more disclosed and on which a growing number is available is the Internet, particularly the WWW – seen as one of its most common services. At present, the Internet is already used by many companies and target groups as the pivotal platform to provide or to access information on environmental performance and other related sustainability issues (Jones, Alabaster and Hetherington 1999; Isenmann and Lenz 2002; Shephard, Abkowitz and Cohen 2001).

Further, greater Internet use has been promoted through a variety of ICT-specific challenges that are facing companies in addition to general reporting requirements: For example, according to EMAS II companies are encouraged explicitly to use all methods available for distributing environmental statements, particularly to make use of the Internet. Moreover, companies can implicitly select and prefer expedient computer-based media for making environmental statements publicly available. In this light, computer-based media such as Internet and CD-ROM become crucially relevant. Dialogue, interactivity and stakeholder communication as well as fine tuned reports meeting different information needs can hardly be realised just through print media. In total, these ICT-specific challenges are urging companies to make greater use of software tools to exploit the benefits of current ICT for managing all emerging reporting requirements in a productive manner.

In total, among certain difficulties companies are struggling at present, there are three crucial trends facing companies:

- integration of economic and social issues into environmental reports,

- provision of reports on various media and
- fine tuning reports according to users' needs and preferences.

These trends are setting the scene for any forward-looking reporting approach and thus they are regarded as requirements to be met when developing forward-looking sustainability reporting software tools.

4. Conceptual design for single source multiple media sustainability reporting software

Based on the insights above, it is a single source multiple media sustainability reporting software that seems to be needed (GRI 2002). Such a software tool enables reporters to provide reports and other communication vehicles on a single source, be it a common database or another kind of repository. Consequently, the question is no longer how to translate a hard copy report with its strict print media focus while expending great effort to adapt to other media. Instead, the question is in fact how to develop a multiple media reporting approach that provides relevant content to produce different reporting instruments on various media on demand.

Undeniably, software tools have significant potential to facilitate and add value to reporting, internally and externally, finally to the benefit of all groups involved in or affected by the field, be they managers, accountants, employees, key target groups and other stakeholders like members of the financial community, standard setting institutions and organisations focused on benchmarking, rating and ranking. In terms of the potential value of software tools, the benefits for reporters include e.g.:

- the value of reporting could be increased by greater ease of reporting,
- the ease of internal data gathering,
- reduced questionnaire fatigue,
- improved information for strategic decision-making and management and
- possibly reducing the need for consultant services.

Complementary, on the report user side, benefits include:

- more publicly available information,
- more accessible and assessable information,
- more issue specific information,
- more consistent and comparable information,
- more potential to use data in own data systems and
- lower transaction costs for both reporters and report readers.

The features and capabilities of the software tool are based conceptually and rest on an underlying classification for sophisticated reporting (fig. 2), illustrated along two dimensions:

- Degree of user modelling, representing the overall model of a user or a certain user group and corresponding to information needs identified and preferences stored in specific user profiles. Here, we propose to distinguish between stereotyping, individualisation and personalisation.
- Degree of system adaptation, representing the capabilities to adapt the ICT system to users' needs and corresponding to the extent of a system's facilities for customisation. Here, we propose to make a distinction between adapted, adaptable and adaptive systems.

Degree of user modelling	personalised	-	VI	VII
	individualised	-	IV	V
	stereotyped	I	(II)	III
		adapted	adaptable	adaptive
		Degree of system adaptation		

Figure 2: Classification for sophisticated reporting, illustrated in terms of user modelling and system adaptation (Lenz 2003)

This classification is seen as a proper basis to develop a software tool, especially when moving away from outdated, very early environmental reporting stages simply publishing one size fits all documents towards a more fashionable and fully ICT supported sustainability reporting system that truly provides tailored reports on different media and in various presentation styles.

5. Software tool for sustainability reporting

In order to describe benefits and use of the software tool thoroughly, the former conceptual considerations are put into practice, illustrated through an ICT architecture and focused on (IV). This case (IV) indicates an adaptable reporting system producing individual sustainability reports. Users could modify and interact with the system, at least, to a certain extent, e.g. every single user may create his own sustainability report on the fly, while choosing contents, structure, layout, media of presentation and distribution channel according to his individual needs and preferences. For every user, an anonymous user model is stored, but he always may control the system behaviour through changing his profile.

For advanced Internet applications, the software consists of a three-tier-web-application:

- The basic data layer contains several sources where DTDs, style sheets, user profiles and a number of other XML-documents are stored. These sources include relevant data, metadata and thesauri. The data layer is managed through a database server.
- The application layer (Cocoon) contains different services and applications to generate and distribute reports in an automated manner by machine processing. This complex layer is used as a data integrator responsible for system management and performed through an application server.
- The presentation layer represents an interactive user interface that is used for submitting users' information needs as well as for presenting reports. The presentation layer provides easy access via a standard internet browser, e.g. Netscape Navigator or Microsoft Internet Explorer.

In terms of functionality, the procedure of using the software tool is like the following (fig. 3):

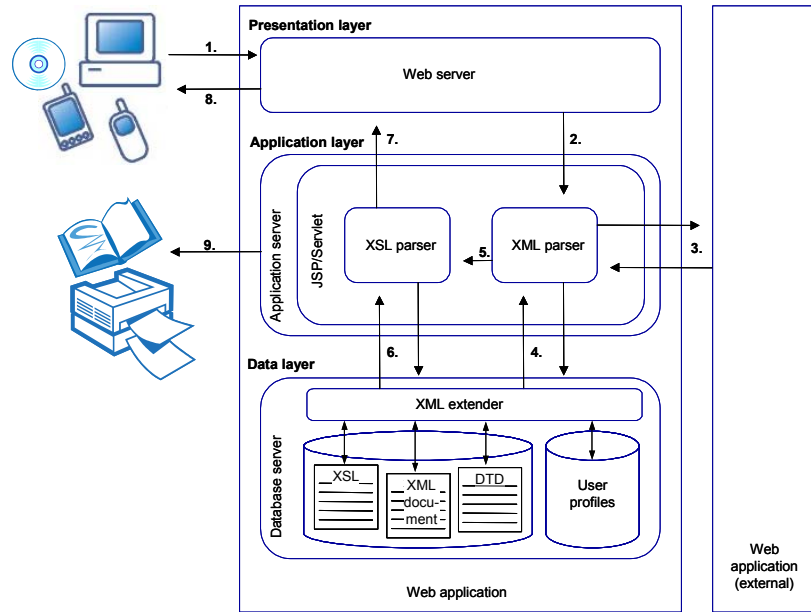


Fig. 3: Software tool, developed as a web application for advanced sustainability reporting

1. A certain stakeholder representing a reporting user (client) looks for sustainability information, while using a common browser. Thus, he submits his information needs and probably specifies his preferences, perhaps including a choice of distribution channel, medium and presentation style he favours. His submission initiates the report's generation.
2. The web server forwards the inquiry to the application server where the application logic is implemented. Then, the application server transforms the inquiry submitted, and analyses the certain parameters (contents, layout, media, guideline, user identification etc.).
3. Within the application server, a XML parser calls for requested XML data either externally from other web applications or
4. internally from the basic data layer. The interface between application server and database server is performed through a XML extender. This XML extender is responsible for storing and extracting XML documents by or from databases or other sources addressed.
5. The extracted data again are arranged through a XML parser. Next, the XML parser consolidates the data to a compound document that is valid according to the underlying DTD. Then, the XML document is forwarded to a XSL parser.

6. This XSL parser again connects the prepared XML document with a XSL style sheet exactly meeting the user's preferences that are stored in a certain database within the database server. The XSL parser applies all style sheet instructions onto the XML document.
7. The result is the requested report that is forwarded to the web server and
8. then submitted to the user's client via the WWW. When using a suitable set of XSL style sheets, reports can be generated and made available on any media, even according to any personal preferences.
9. Instead of (7) and (8), reports could also be published onto CD ROM and then sent to users via mail, or alternatively submitted as a print version via fax.

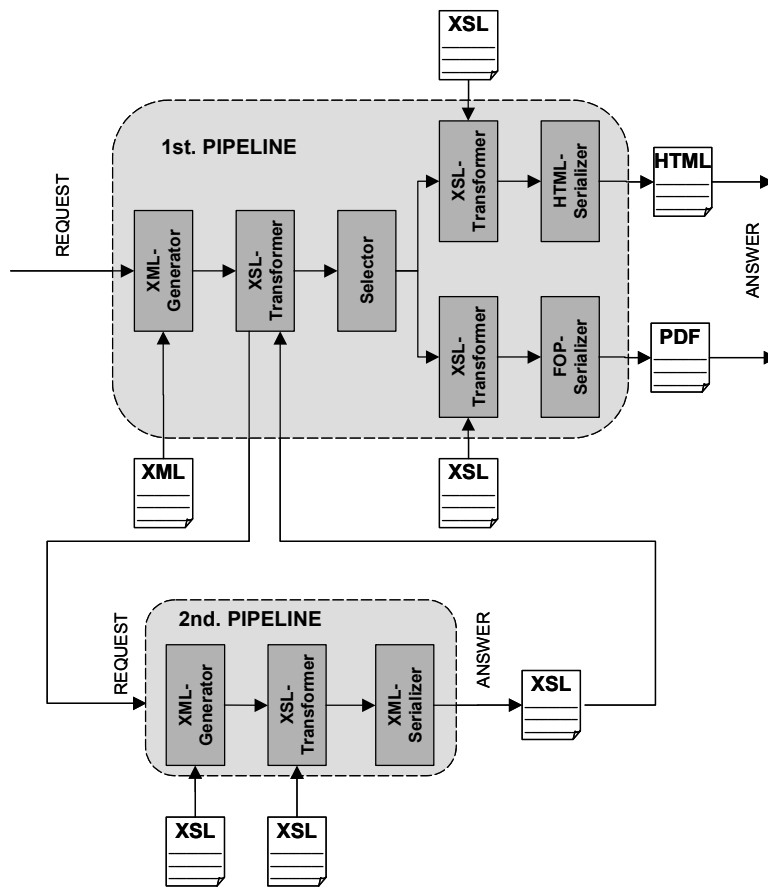


Figure 4: Cocoon's dual pipeline system providing individualised sustainability reports

6. Conclusions

The ICT architecture discussed above has been implemented in a prototype. At the heart of its ICT architecture (application layer) lies Cocoon, a Java-based, modular structured, open source publishing software, able to perform XML-based DTDs, and suitable to provide customised sustainability reports. The reason why we have employed Cocoon lies – among other advantages and benefits – in its powerful and sophisticated application capabilities. The modular application components could be arranged flexibly, serially grouped in so-called pipelines where different reports are then created dynamically on the basis of an XML-based DTD, thus exactly meeting each user's individual needs (fig. 4).

Bibliography

- Apache (2003). Apache Cocoon. <http://cocoon.apache.org>, access 2003-06-24.
- Berkeley, S. (2000): Corporate reputation and the Internet. Environmental Data Services. <http://www.endsdirectory.com/articles/index.cfm?action=dir12>, access 2001-03-05.
- Deloitte Touche Tohmatsu International (DTTI), International Institute for Sustainable Development (IISD), SustainAbility Ltd. (1993): Coming clean - corporate environmental reporting, opening up for sustainable development. DTTI: London (UK).
- Ernst & Young, KPMG, PricewaterhouseCoopers, House of Mandag Morgen (1999): The Copenhagen Charter. A management guide to stakeholder reporting. Copenhagen (Denmark): Mandag Morgen.
- Global Reporting Initiative (GRI) (2000): Sustainability reporting guidelines on economic, environmental, and social performance. <http://www.globalreporting.org>, access 2001-02-05.
- Global Reporting Initiative (GRI) (2002): Sustainability reporting guidelines. <http://www.globalreporting.org>, access 2002-10-15.
- Isenmann R., Lenz C. (2002): Internet use for corporate environmental reporting: Current challenges – technical benefits – practical guidance. *Business Strategy and the Environment* 11 (3): 181-202.
- Isenmann R., Lenz C., Müller-Merbach H. (2002): The future of corporate environmental communication. Trends, contents, media, technologies. *Environmental communication in the information society. Proceedings of the 16th conference "Informatics for environmental protection"*, Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria. Part 1 and 2. Pillmann W., Tochtermann K. (Eds.). International Society for Environmental Protection: Vienna (Austria), 234-241.
- Isenmann, R., Marx Gómez, J.: How to provide Customized Environmental Reports properly – Framework and Prototype; In: *Environmental Online Communication*, Arno Scharl (Ed.). Berlin et al.
- Jones K., Alabaster T., Hetherington K. (1999): Internet-based environmental reporting. *Current trends. Greener Management International* 26(summer): 69-90.

- Jones K., Walton J. (1999): Internet-based environmental reporting. Key components. Sustainable measures. Evaluation and reporting of environmental and social performance. Bennett M.; James P. (Eds.), Greenleaf Publishing: Sheffield (UK), 412-425.
- Kolk A. (1999): The Internet as a green management tool. *Harvard Business Review* 6 (3): 307-316.
- Lenz C. (2003): Empfängerorientierte Unternehmenskommunikation – Einsatz der Internet-Technologie am Beispiel der Umweltberichterstattung Eul: Köln (Germany).
- Line M., Hawley H., Krut, R. (2002): The development of global environmental and social reporting. *Corporate Environmental Strategy* 9(1): 69-78.
- Marx-Gómez J., Rautenstrauch C. (Eds.) (2001): Von der Ökobilanzierung bis zur automatisierten Umweltberichterstattung mit Stoffstrommanagementsystemen – eine Fallstudie. Shaker: Aachen (Germany).
- Merrick J., Crookshanks C. (2001): Report on a survey of environmental reporting costs and their major benefits. Tempe, UK Department of Environment, Food, and Rural Affairs (DEFRA). <http://www.defra.gov.uk/environment/envrp/environ/environ.pdf>, access 2002-08-19.
- Scott P., Jackson R. (2002): Environmental, social and sustainability reporting on the web: best practices. *Corporate Environmental Strategy* 9 (2): 193-202.
- Shepherd K., Abkowitz M., Cohen M.A. (2001): Online corporate environmental reporting: Improvements and innovation to enhance stakeholder value. *Corporate Environmental Strategy* 8 (4): 307-315.
- Steven M., Schwarz E., Letmathe P. (1997): Umweltberichterstattung und Umwelterklärung nach der EG-Öko-Audit-Verordnung. Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Springer: Berlin et al. (Germany).
- SustainAbility Ltd., United Nations Environmental Programme (UNEP), Technology, Industry and Economics Division (1999): Engaging stakeholders 1999. The Internet reporting report. Beacon Press: London (UK).
- The Association of Chartered Certified Accountants (ACCA) (2003): The big picture: how the environment influences corporate profit. ACCA: London (UK).
- United Nations Environment Programme Industry and Environment (UNEP), Sustainability Ltd. (1994): Company Environmental Reporting. A Measure of the Progress of Business and Industry Towards Sustainable Development. Technical Report 24. UNEP: Paris (France).
- Weil W.B., Winter-Watson B. (2002): The Internet and sustainability reporting. Improving communication with stakeholders. The ecology of the new economy. Sustainable transformation of global information, communications and electronic industries. Park, J. Rome, N. (Eds.). Sheffield (UK): Greenleaf, 85-97.

Going Ahead in Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting

Ralf Isenmann, Jan Brosowski¹, Jorge Marx-Gomez²,
Hans-Knud Arndt³

Abstract

Umweltberichte bilden die Kerninstrumente der betrieblichen Umweltberichterstattung. Angesichts steigender Anforderungen bzgl. Automatisierung, medialer Verfügbarkeit und Zielgruppenspezifizierung bietet der Einsatz des Internet in Verbindung mit der Auszeichnungssprache XML dabei große Gestaltungschancen und eröffnet wirksame Unterstützungspotentiale, sowohl für die Unternehmen selbst als auch für deren anvisierte Zielgruppen wie Mitarbeiter, Kunden und Investoren. Das konzeptionelle Herzstück für die informationstechnische Umsetzung einer internetbasierten Umweltberichterstattung ist in einer XML-basierten DTD für Umweltberichte zu sehen. Sie ermöglicht eine inhaltlich flexible, effizient durchzuführende und zielgruppenspezifische Umweltberichterstattung mit einer durchgängigen Prozeßunterstützung. Dieser Beitrag zielt auf die Harmonisierung solcher XML-basierter DTDs für Umweltberichte ab. Er knüpft dabei an grundlegende Überlegungen zur Standardisierung aus zwei vorausgegangenen Beiträgen an, die auf der 16. Tagung „Informatik für den Umweltschutz“ 2002 in Wien sowie auf der 11. Tagung der Fachgruppe „Betriebliche Umweltinformationssysteme“ 2003 in Stuttgart vorgetragen wurden.

¹ University of Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: {isenmann|brosowski}@bior.de, Internet: <http://www.bior.de>

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

³ Humboldt University of Berlin, School of Business and Economics, Institute of Information Systems, Spandauer Str.1, 10178 Berlin, Germany, email: arndt@wiwi.hu-berlin.de, Internet: <http://www.wiwi.hu-berlin.de/iwi/>

Keywords

Automation, Customisation, Corporate Environmental Reporting, Document Type Definition (DTD), Environmental Markup Language (EML), eXtensible Markup Language (XML), Harmonisation, Internet, Standardisation

1 Introduction

Since its inception in the late 1980's and early 1990's, corporate environmental reporting has developed from a pioneering effort to a part of companies' daily affairs, even entering business mainstream (KPMG 2002): Today, for environmental pioneers and sector leaders, but also for global players, multinationals and an increasing number of small and medium-sized companies, it seems to be merely the question of how to report on environmental issues, and no longer whether to report at all (Marshall/Brown 2003). The question how companies are reporting involves several aspects of information and communication technologies (ICT), especially how to exploit the unique capabilities the internet and its associated technologies like the emerging eXtensible Markup Language (XML) carries for corporate environmental reporting.

The conceptual core when it is to exploit these media-specific benefits lies – among other aspects – in the development of a comprehensive and standardised XML-based document type definition (DTD) for environmental reports. Employing such an XML-based DTD represents a truly forward-looking reporting approach, intended to facilitating efficient preparation and comfortable administration as well as enabling customised distribution and target group tailored presentation, finally leading to the benefit of all groups involved in or affected by environmental reporting, inside and outside the companies, be they managers, accountants, employees, or customers, members of the financial community, standard setting institutions and organisations focused on benchmarking, rating and ranking. For example, on the basis of a standardised XML-based DTD, companies are in a position to provide target group tailored environmental reports and other communication vehicles that are exactly meeting the requirements of certain guidelines, while prepared by machine processing and generated in an efficient and automated manner.

2 Three proposals of an XML-based DTDs for environmental reporting: Kaiserslautern, Magdeburg, Berlin

The goal of this contribution is to promote and keep on going the harmonisation of three different approaches of an XML-based DTD for corporate environmental reporting. These approaches have been proposed in the scientific community as yet

(Lenz/Isenmann/Marx-Gómez/Krüger/Arndt 2003; Isenmann/Lenz/Marx-Gómez/Amelung/Arndt 2003):

- The first DTD was developed by the Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), University of Kaiserslautern.
- The second DTD was presented by the Institute for Technical and Business Information Systems, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- The third DTD was proposed by the Institute of Information Systems, Humboldt University of Berlin.

All three DTDs proposed have been prepared autonomously and published more or less simultaneously. Due to the independent preparation from each other, at first glance, one may expect that an analysis of these DTDs would show a completely different result. On top level however, all three DTDs appear compatible, and even in a more detailed manner, the DTDs from Kaiserslautern and Magdeburg are looking quite similar to one another. Moreover, their really strong similarity has its roots in the same methodology, on which these two DTDs rest. This methodology initially proposed by Schraml (1997) consists of four stages: Primarily, the main target of the DTD has to be defined. Next, a pool of possible semantic components has to be identified and structured. Then, of this pool, the actually relevant semantic components are selected and arranged in a catalogue. Finally, the document type model could be designed.

3 Standardisation of XML-based DTDs for environmental reporting

This contribution is based on a sequence of papers already published, starting with an initial contribution presented at the 16th Conference “Informatics for Environmental Protection”, Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria and its follow up proposal that was presented at the 11th Workshop of the Special Interest Group “Corporate Environmental Information Systems” of the German Society for Informatics, April 1st, 2003, Stuttgart, Germany:

- According to the initial contribution presented in Vienna 2002, it was argued for more standardisation in the field, intended to exploit the huge benefits using up to date ICT, in particular the internet and XML for corporate environmental reporting (Lenz/Isenmann/Marx-Gómez/Krüger/Arndt 2002). As a result, a basic but essential approach for harmonising the three different approaches of an XML-based DTD on top level was proposed (fig. 1). This approach deals primarily with methodical aspects that should be applied for establishing a generally acceptable standardised XML-DTD.



Fig. 1: Proposal of a harmonised DTD for environmental reporting on top level (Lenz/Isenmann/Marx-Gómez/Krüger/Arndt 2002, 422)

- Closely related to the initial contribution, the aim of the second paper – as the follow up proposal presented in Stuttgart 2003 – was to find out appropriate ways how to harmonise the three approaches in a more detailed and methodically based manner on the second level (Isenmann/Lenz/Marx-Gómez/Amelung/Arndt 2003). Such an effort was considered as the heart for providing an efficient, automated and target group tailored environmental reporting system at corporate level.

As a result of the second contribution, it was clear that a more detailed harmonisation is not as simple a process as it may look like at first glance. On the contrary, such a harmonisation on the second level appears to be more difficult as on top level because of certain differences, perhaps when defining which restrictions should be taken into account, or what procedure should be employed when selecting and arranging the relevant semantic components (fig. 1, 2, 3).

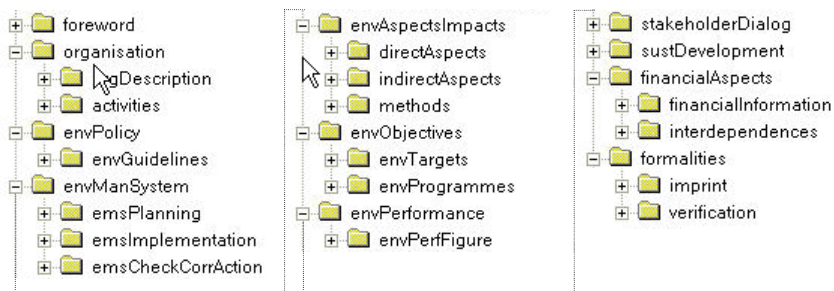


Fig. 2: DTD from Kaiserslautern, containing 16 semantic components on the second level

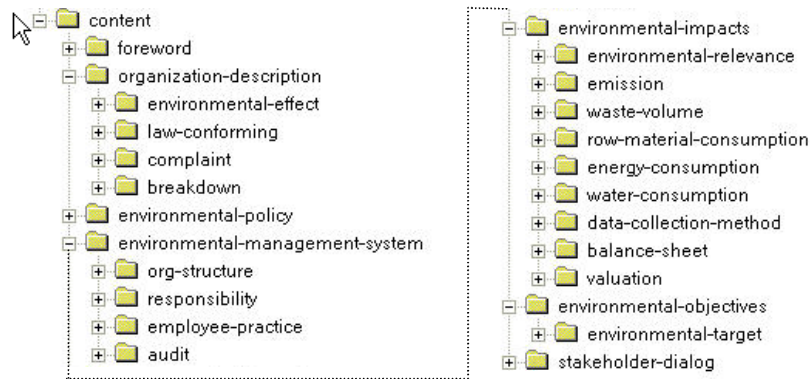


Fig. 3: DTD from Magdeburg, containing 18 semantic components on the second level (Krüger/Marx-Gómez/Rautenstrauch 2001)

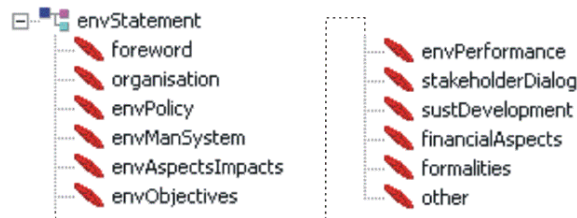


Fig. 3: DTD from Berlin, just containing 11 semantic components on top level

Together, the difficulties on the second level are rooted in the fact that every DTD obviously is influenced by a specific underlying design profile. Such a design profile may be characterised at least along four dimensions:

- definition of a specific purpose and a certain goal of using the DTD,
- decision which restrictions such as standards, guidelines, norms etc. are considered,
- determination to which extent the target groups' information needs are explicitly taken into account and
- sample of document instances that are analysed.

Going ahead in the process of harmonisation, it is argued to make the DTDs' design profiles more transparent. Such an analysis may provide a suitable working result on which further steps of a harmonisation could be built up (fig. 4).

	Kaiserslautern	Magdeburg	Berlin
Main target	<ul style="list-style-type: none"> - Academic approach - Standardisation - Sustainability reporting - Stakeholder dialogue - Target group tailoring - Multiple media publishing 	<ul style="list-style-type: none"> - Case study: Hasseröder brewery - Automation - Life cycle analysis - Target group tailoring - Integrated communications - Multiple media publishing 	<ul style="list-style-type: none"> - Meeting EML-requirements - Using metadata
Restrictions to be considered	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS II - EN ISO 14001 - DIN ISO 33922 - National guideline of future e.V. - International guideline of UNEP 	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS I - DIN ISO 33922 	<ul style="list-style-type: none"> - DIN ISO 33922
Information needs taken into account	<ul style="list-style-type: none"> - Employees - Customers - Suppliers - Government/local authorities - Neighbours - Environmental pressure groups - Investors - Journalists - Public 	<ul style="list-style-type: none"> - Customers - Employees - Government/local authorities - Neighbours 	
Document instances	<ul style="list-style-type: none"> - Print media - Computer-based media 	<ul style="list-style-type: none"> - Print media - Computer-based media 	

Fig. 4: Analysis of the DTDs' underlying design profile (Isenmann/Lenz/Marx-Gómez/Amelung/Arndt 2003, 77)

Based on the insights above, any proposal of a harmonised DTD for environmental reporting on second level should fulfil the following basic criteria:

- recommendations proposed by the EML initiative (Arndt/Günther 2000),
- clarification of aspects that are crucially important for the definition of a DTD's underlying design profile: Concerning the main target, we propose a general, flexible and comprehensive approach. Regarding the identification of possible semantic components, we recommend the inclusion – at least – of EMAS II (EC 2001), DIN EN ISO 14031 (CEN 1999), DIN 33922 (DIN 1997), widely accepted guidelines like future/IÖW (1994) and UNEP (1994), other ISO-standards and relevant recommendations on environmental communication that probably will pass their early draft status in the near future. Further, we argue to analyse a number of document instances on print media and on the WWW, perhaps to identify also logical components like heading, paragraph, abstract, chart etc. When it is to select the pool of relevant semantic components, Schraml's methodology is seen appropriate, providing a suitable tool for this sophisticated task.

As a result of all these efforts, our proposal of a harmonised DTD for environmental reporting on second level looks like the following (fig. 5).

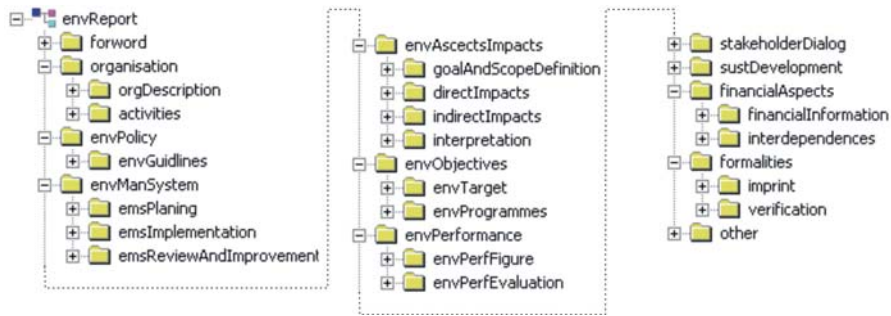


Fig. 5: Proposal of a harmonised DTD for environmental reporting on second level

On this second level, the DTD consists of a total of 18 semantic components, including: “orgDescription” and “activities” describing the organisation in a more detailed manner, “envGuidelines” indicating principles, procedures and methods underlying the report, “emsPlaning”, “emsImplementation” and “emsReviewandImprovement” illustrating the management system, “goalandScopeDefinition”, “directImpacts”, “indirectImpacts” and “interpretation” making impacts more transparent, “envTarget” and “envProgrammes” highlighting the objectives, “envPerfFigure” and “envPerfEvaluation” emphasizing the aspects of environmental performance, “financialInformation” and “interdependences” underlining the relevance of financial aspects, and last but not least, “imprint” and “verification” shedding more light on reporting formalities and transparency.

4 Conclusions

From an academics’ point of view, stimulating the harmonisation of an XML-based DTD for environmental reporting is thought of to be a considerable and crucially important effort: firstly, to contribute to the discussion of standardising corporate environmental reporting taken as a whole, and secondly, to promote the initiatives towards shaping a unifying markup language within the emerging field of environmental informatics, perhaps in the sense of an Environmental Markup Language (EML).

From a practitioners’ perspective, such a standardised XML-based DTD may contribute to employing internet and XML for environmental reporting. Companies and their target groups as well are enabled to exploit the huge opportunities and media-specific technical benefits taken as a whole. For example, on the basis of such a DTD companies could provide a fine-tuned, target group tailored environmental reporting system, prepared by machine processing and generated in an efficient and automated manner.

5 References

- Arndt, H.-K.; Günther, O. (Eds.) (2000): Environmental Markup Language (EML). First Workshop, Berlin 1999. Metropolis: Marburg (Germany).
- European Committee for Standardization (CEN) (1999): EN ISO 14031. Environmental Performance Evaluation. Guidelines. CEN: Brussels (Belgium).
- European Communities (EC) (2001): Regulation (EC) No. 761/2001 of the European Parliament and of the Council of 19th March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS). Official Journal of the European Communities. L 114.
- future e.V., Institute for Ecological Economy Research (IÖW) (1994): Environmental Reports – Environmental Statements. Guidelines on Preparation and Distribution. future e.V.: Osnabrück (Germany).
- German Institute for Standardization e.V. (DIN) (1997): DIN 33922. Environmental Reports for the Public. Beuth: Berlin (Germany).
- Isenmann, R.; Lenz, C.; Marx-Gómez, J.; Amelung, M.; Arndt, H.-K. (2003): Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung. [Standardisation of XML-based DTDs for corporate environmental reporting]. Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme. 11. Tagung des AK BUIS, 01. April 2003, Stuttgart, Heubach, D.; Rey, U. (Eds.). Aachen: Shaker, pp. 69-83.
- KPMG (2002): International survey of corporate sustainability reporting 2002. Research carried out by A. Kolk and M. van der Veen, Amsterdam Graduate Business School, University of Amsterdam, in collaboration with KPMG Global Sustainability Services. KPMG: De Meern (The Netherlands).
- Krüger, M.; Marx-Gómez, J.; Rautenstrauch, C. (2001): Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML [Development of a Document Type Definition for automated environmental reporting using XML]. Sustainability in the Information Society. 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich (Switzerland) 2001. Part 2. Hilty, L.M.; Gilgen, P.W. (Eds.). Metropolis: Marburg (Germany), 1016-1027.
- Lenz, C.; Isenmann, R.; Marx-Gómez, J.; Krüger, M.; Arndt, H.-K. (2002): Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML. Environmental Communication in the Information Society. Proceedings of the 16th Conference “Informatics for Environmental Protection”, Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria. Part 1 and 2. Pillmann, W.; Tochtermann, K. (Eds.). International Society for Environmental Protection: Vienna (Austria), 416-423.
- Marshall, S.R.; Brown D. (2003): Corporate environmental reporting: What’s in a metric? Business Strategy and the Environment 12 (2): 87-106.
- Schraml T. (1997): Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements [Environmental reporting seen from an information management perspective]. Dissertation, Technical University Dresden.
- United Nations Environment Programme Industry and Environment (UNEP) (1994): Company Environmental Reporting. A Measure of the Progress of Business and Industry Towards Sustainable Development. Technical Report 24. UNEP: Paris (France).

How to provide Customized Environmental Reports properly – Framework and Prototype

Ralf Isenmann¹ and Jorge Marx Gómez²

***Abstract.** Customization is vital for environmental (online) communication, in particular for the field of corporate environmental reporting. Meeting target groups' heterogeneous information needs and preferences strongly influences reporting success, perhaps whether users pay attention to environmental reports at all, how they actually assess the value of these documents, and to what extent they are willing to make use of these communication vehicles. In contrast to its wide acceptance in concepts and guidelines however, current practice shows significant room for improvements, even for the best reporters. Hence, we propose a framework on how to provide customized environmental reports properly, described in terms of three conceptual components: (i) stakeholder analysis and information requirement analysis, (ii) XML-based document engineering, and (iii) ICT-architecture of an environmental reporting system. In total, throwing more light onto customization seems to be a real step forward, finally to the benefit of all groups involved in or affected by environmental reporting, be they managers, accountants, employees, members of the financial community, standard setting institutions or organizations focused on benchmarking, rating and ranking.*

1. The challenge of customized environmental reporting

Since its inception in the late 1980's and early 1990's, corporate environmental reporting is increasingly entering the business mainstream. Today, reporting on environmental performance is almost part of companies' daily affairs, and thus Marshall and Brown (2003) feel that it is merely the question of *how* to report on environmental issues, no longer whether to report at all. Regardless of nationality and differences in country results, this is not just true for environmental pioneers and sector leaders, but also for global players, multinationals and an increasing number of small and medium-sized companies (SMEs) whose activities either result directly in high environmental impacts or at least are suspected of causing them. Examples abound – among others – in the pharmaceuticals, chemicals, mining, transport, electronics and automotive sectors (Kolk 2003; FEA 2002; Kolk, Walhain

¹ University of Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: isenmann@bior.de; brokowski@bior.de; beisel@bior.de; Internet: <http://www.bior.de>

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, Department Business Informatics, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

and van de Wateringen 2001; Krut and Moretz 2000; KPMG 2002, 1999, 1997; Halme and Huse 1997).

Within several industrial sectors, there is empirical evidence that corporate environmental reporting truly has become of *competitive relevance* (Fichter 1998) and *strategic importance* (Larsen 2000). Companies that have learned their lessons are clearly benefiting from environmental reports used as “green management tools” (Kolk 1999), e.g. for decision making with internal and external value (Ernst & Young et al. 1999), especially in terms of cost reduction (Environ 2001), resource controlling, accounting, material and waste management (Steven, Schwarz and Letmathe 1997), reputation (ERM 2000) and compliance (ACCA 2003).

Together, Marshall and Brown’s introductory note may answer, at least to a certain extent, one of the critical questions stated early in the field: “Will corporate environmental performance reporting be a 'passing fashion', like social reporting some years ago, or will it increasingly enter the business mainstream?” (UNEP and SustainAbility 1994, 66) Now that companies are going to make more use of environmental reports, a great number is moving away from obviously outdated, very early stages simply providing “green glossy brochures”, usually prepared as “one size fits all” documents on print media, towards a fully ICT supported environmental reporting system that provides customized reports and other fine tuned communication vehicles on different media and in various presentation styles, while meeting the requirements of several regulations, guidelines and stakeholders’ different information needs (Isenmann, Lenz and Müller-Merbach 2002).

The reasons why there is an increasingly demand for *customized* environmental information can be seen in the fact that interested parties, target groups and other stakeholders are generally becoming more critical on companies’ business. Moreover, as environmental reporting matured, reports are analyzed by more competent and professional users with higher expectations. Thus, employees, customers, local authorities, but also investors and financial analysts want fine tuned vehicles and they expect reporting instruments that are truly meeting their specific needs in content, form, media and distribution principles. Environmental communication only via uniformed reports on print media may hardly fulfil emerging requirements in information supply, stakeholder dialogue, feedback and interactivity.

Corporate environmental reporting supported by *Internet* technologies and Internet services – in particular the WWW – is a rapidly emerging and increasingly popular method. The rationale why more and more companies are using the Internet can be seen in its *unique capabilities* in form and content and other technical benefits provided by this computer-based method, e.g. opportunity to address multiple issues in flexible depth, ease of access, great potential to reach a wider audience or disseminate target group tailored vehicles to specific stakeholders, many facilities to effect two-way and even one-to-one communication, ease of updating, great potential for supporting the whole workflow – including administration, preparation, distribution and presentation – and finally its outstanding opportunity of producing a number of customized, target group tailored, individualized or even personalized communication vehicles in an automated, effective and cost-saving manner (Isenmann and Lenz 2002; Marx-Gómez and Rautenstrauch 2001).

Compared with traditional methods on print media, Internet-based environmental reporting embraces a broader range of *beneficial characteristics* for smart presentation, e.g. combining text, still images and moving ones, sound, feedback, interaction, dialogue, integration of different contents etc (Isenmann and Lenz 2002). Because of its overall *added value* creating nature, the Internet is ultimately seen an “indispensable tool” (SustainAbility and UNEP 1999, 20-21; closely Jones and Walton 1999, 425), suitable for any forward-looking approach of corporate environmental reporting (Isenmann, Lenz and Müller-Merbach 2002; Line, Hawley and Krut 2003, 73). At present, the Internet is already used by several reporting companies and target groups as the *pivotal platform* to provide resp. access information on environmental performance and other related issues, but surely influencing the development the field will probably take in the future.

The limits of an exclusively paper-based practice are closely linked with difficulties involved in using print media for communication for which they are often poorly suited. In the words of Mach: “An organization needs to send the right messages through the right distribution channels to the right audiences. To accomplish this, it may need a variety of communications vehicles – not just a single report. One size doesn’t fit all in today’s Internet world of mass customization.” (MacLean and Gottfrid 2000, 248; closely also Skillius and Wennberg 1998, 35; Wheeler and Elkington 2001, 2). To the point, a “report designed to appeal everybody may end up serving nobody’s real needs.” (DTTI, IISD and SustainAbility 1993, 6). According to conceptual contributions (e.g. Lenz, Isenmann and Reitz 2001) and empirical findings (e.g. Isenmann, Lenz and Müller-Merbach 2001; KPMG 2002), however, in many cases it is a clear *target group tailoring* that is lacking in the field, yet. In order to improve current practice, extend reporting success and multiply the number of users actually reached, companies are going to customize their reports, intended to provide a variety of fine tuned communications vehicles, not just a single report, from uniformed instruments and standardized ones towards a more advanced approach also providing individualized or even personalized reports.

Although more and more companies are using the Internet as an accessible distribution channel, despite the fact that it encourages paperless information, regardless its favour for a digital world of online communication and though some reporting companies are slimming down the size of printed reports while some others again are publishing exclusively on the WWW: many users still like to be provided with paper-based reports. Even now a considerable number prefer print media, perhaps to read reports later on. According to Scott and Jackson (2002, 196-197) “abandoning paper-based reporting altogether is a risky strategy” and probably not a successful way to perform future reporting requirements. Companies doing so may tend to overestimate the usefulness of the Internet in terms of reaching target groups and providing information in a format useful to all.

2. Framework for customized environmental reporting

The question how companies are reporting (Marshall and Brown 2003), in particular how providing customized environmental reports properly, involves a number of crucial aspects, perhaps depending on nationality and industry sectors, but also

closely linked to companies' information management, communication strategy, image profile, stakeholder relations, organization, staff and ICT-infrastructure. Due to various strategic implications companies should consider these aspects carefully because they influence the overall reporting capabilities. Furthermore, these aspects may also influence the facilities to design customized environmental reporting instruments and other fine tuned communication vehicles in form and content.

For example, companies need to ponder the question of which media to use for managing environmental reporting, particularly along the reporting workflow and its underlying core processes, i.e. preparation, administration, distribution and presentation. Should these be predominantly print media or computer-based media like Internet and CD-ROM? Does the Internet and its associated technologies as the emerging markup language XML carry any unique design and content capabilities that facilitate tailoring of reports according to different information needs and reaching the target groups addressed? No less importantly, what is the role of ICT-applications when companies are moving away from outdated stages of providing simply uniformed reports on print media towards a forward-looking approach, perhaps in the sense of "cybernetic reporting" (Wheeler and Elkington 2001, 6)?

The cutting edge approach in the rapidly developing field of corporate environmental reporting seems to be an *Internet-based reporting system*. Such a comprehensive and fully ICT supported approach offers a variety of added value creating features compared with early environmental reporting stages. For example, an Internet-based reporting system provides a set of:

- important contents (primarily environmental issues but more and more linked with financial and social issues and their mutual interrelations) that comprise the core themes for corporate sustainability (Deloitte, IISD and SustainAbility 1993; UNEP and Sustainability 1994; IÖW and imug 2001; Morhardt 2002),
- different media (print media, Internet, CD-ROM etc.),
- corresponding distributing principles (push, pull),
- various presentation styles (media-specific, target group tailored).
- In technological terms, the reporting system is fully supported by an underlying ICT-infrastructure that has its basis in using the *Internet* and employing XML.

For customized environmental reporting it is characteristic to take into account requirements of several standards, guidelines and different needs of a number of users and then to produce reports exactly meeting all these requirements and needs. There is great consensus that such customization or target group tailoring is vital for any success of environmental reporting (Spencer-Cooke 1995; Skillius and Wennberg 1998; Isenmann and Lenz 2001). In contrast to its wide acceptance in concepts and guidelines, however, current practice shows another picture, with significant room for improvements, even for the best reporters.

In total, customized reporting remains rather *unrealized* as yet, still containing a challenging requirement perhaps managed in the near future but clearly lacking, up to now. Hence, throwing more light onto customization is argued to be a *real step forward* in the field of corporate reporting, be it environmental reporting, financial

reporting (Henseler, Isenmann and Müller-Merbach 2003), social reporting or its integrated fashion as sustainability reporting (Isenmann 2004). Approaching this goal, however, is not as simple a process as it may appear at first glance. On the contrary, such an enterprise represents a challenging and multifaceted problem requiring both, identification of relevant stakeholders and clarification of their certain needs, and also a pool of report contents companies are willing to disclose, preferably arranged in a specific structure appropriate for automated machine processing through ICT-applications.

In this chapter, we propose a framework for a customized environmental reporting system, described in terms of three conceptual components, while fully exploiting the capabilities the Internet may offer for environmental reporting on the whole:

- Component 1: Stakeholder analysis and information requirement analysis – representing the demand of environmental information that users are probably requiring.
- Component 2: XML-based DTD for corporate environmental reporting – representing the report contents a company is willing to disclose at all.
- Component 3: *Environmental reporting system* – representing a suitable ICT-architecture for cross matching offer (component 2) and demand (component 1), intended to provide truly customized reports, not just smartly polished versions of a uniformed report.

The framework mentioned above may serve as a *step-by-step-approach* how to develop from early environmental reporting stages towards an advanced and more sophisticated one, with special emphasis on how to provide customized environmental reports properly. Without the direct link to ICT, progressing in the field and finally approaching customized environmental reporting is seen to become quite difficult, as moving away from orthodox stages is a complex task.

While its early incarnations have been focused primarily on single, free-standing environmental reports, predominantly produced on print media and usually prepared as “one size fits all” universal documents, in future, as companies learned their lessons and practice matured, the focus will likely become cross media, customized and more comprehensive, also disclosing how environmental issues are linked with financial and social aspects, concurring to the triple bottom line approach and finally leading to sustainability reporting (Isenmann, Lenz and Müller-Merbach 2002; Isenmann 2004). In any case, current reporting requirements as well as future challenges in the field may hardly be met without truly taking into account users' needs and preferences on the one hand (customized environmental reporting) and addressing latest trends in ICT (Internet-based approach) on the other.

Component 1: Stakeholder analysis and information requirement analysis

Any corporate environmental reporting system focused on customization should be based on two analyses that need to be carried out well before, i.e.: stakeholder analysis and information requirement analysis.

The *stakeholder analysis* identifies the primary users and typically asks for: Who are the key target groups (including the critical ones!) that should or want to be

addressed through environmental reporting, inside and outside the company? Surveying current literature in the field, Lenz (2003, 220) identified 12 key target groups for corporate environmental reporting and arranged these in four clusters because of their comparable information needs, at least to a certain extent (figure 1):

- financial community (investors, insurance agents and financial analysts),
- business partners (employees, customers and suppliers),
- diffuse groups (media representatives, neighbours and consultants), and
- normative groups (local authorities, legislators, pressure groups and standard setting institutions).

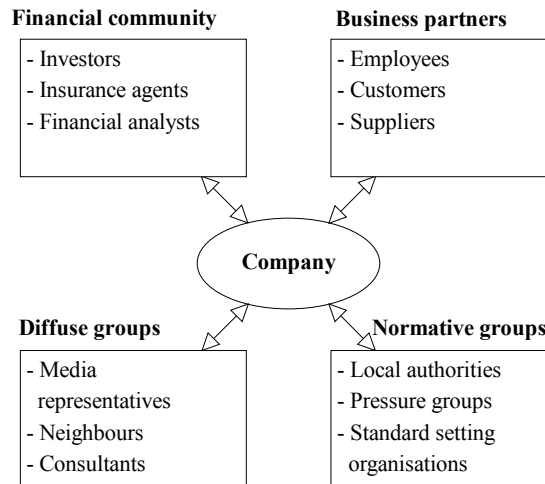


Figure 1: Target groups involved in or affected by environmental reporting

Next to stakeholder analysis and the identification of primary users, within the *information requirement analysis* it is to find out and study stakeholders' specific information needs and other preferences expected to be met in a more detailed fashion. Such an analysis closely related to the former one usually leads to the question: What are relevant contents target groups expect, and what are certain preferences they want to be fulfilled, perhaps regarding form, layout, design, media and distribution channel? At present, pretty little work is being done for conceptualizing users' information needs, especially concerning media-specific aspects like distribution channels, presentation styles and media favored. Thus, van Dalen (1997, 19) complains a lack of more profound insights in this area. Pursuing to overcome this lack, Lenz (2003) surveyed a number of empirical studies on users' different needs (figure 2), e.g. reviewing studies of DTTI, IISD and SustainAbility (1993), CICA (1994), Schulz (1995), Vollmer (1995) and Azzone et al. (1997).

For example, with growing general environmental awareness, *employees* are interested in environmental performance of their employers and companies. Further, they want to understand how companies are seen by local community groups, wishing to see their employer's business as a going concern.

Establishing supply chains and other manufacturing networks implies extensive environmental communication and proper channels along the whole supply chain or network (Lippman 2001, 13). *Suppliers* and other *business partners* need environmental information mainly regarding resource efficiency, regulatory compliance, new product and service opportunities, especially in terms of extended product stewardship and other environmental liabilities (WBCSD 1997; Wycherley 1999).

	Employees	Customers	Suppliers	Local authorities	Neighbours	Env. pressure groups	Investors	Env. sensitive investors	Public/media
Organisation									
Commitment of top management	high priority	important	important	important	important	important	important	important	important
Overall structure and relationship between sites	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Production process									
General information/survey	high priority	important	important	important	important	important	important	important	important
Current state of environmental technology	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Products									
General information/survey	important	important	important	important	important	important	important	important	important
Environmental impacts	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Environmental management system									
Environmental policy	high priority	important	important	important	important	important	important	important	important
Environmental goals	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Stakeholder communication									
Promotion of environmental reports	important	important	important	important	important	important	important	important	important
Dialogue with the public	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Financial indicators									
Environmental expenditure	important	important	important	important	important	important	important	important	important
Cost savings	important	important	important	important	important	important	important	important	important
...									
Financial-environmental interrelations									
Financial risks (amount, probability, insurance)	important	important	important	important	important	important	important	important	important
Chances (new processes, products)	important	important	important	important	important	important	important	important	important

Figure 2: Environmental information needs of key target groups, extract (Lenz 2003, 232)

Investors – including institutional and private shareholders, financial analysts and investment consultants – are increasingly interested in environmental issues and its financial interrelations since they noticed that environmental reports make good business and environmental sense (WBCSD 2000) and as they expect that environmental performance influences financial performance and shareholder value (Schaltegger and Figge 1997; VBDO 1998). For example, in November 2000 a group of 39 leading financial investors, managing combined assets excess of \$ 140 billions, sent a letter to CEOs of the 500 largest U.S. companies urging them to encourage providing integrated environmental reports (SocialFunds 2000).

To the point, the information requirement analysis clearly demonstrates that employees, customers, suppliers, local authorities, legislators, neighbours, consultants, financial analysts, investors, insurance agents, media representatives and members of rating and ranking organisations have rather *heterogeneous information*

needs. These different needs cannot be fully satisfied or easily be met just by “reporting as usual” through orthodox practice, via one universal document (on print media), mostly produced as “one size fits all” report. Users increasingly expect customized, target group tailored, individualized or even personalized reporting instruments. In total, the insights gained from both analyses above can be used to develop certain user profiles where information needs and other preferences of key target groups are stored (component 2) and then prepared ready for machine processing in an environmental reporting system (component 3).

Component 2: XML-based DTD for environmental reporting

The former results of stakeholder analysis and deeper insights of information requirements are used for XML-based document engineering. This ICT laden area indicates the realm where possible report contents and the basic structure for a certain group of documents are defined, e.g. for corporate environmental reports. The main task of document engineering is developing a proper DTD (or schema). Such a DTD represents the heart of any XML-based ICT application, also for a (Web) content management system that may be used for maintaining companies’ environmental websites. Within a DTD the overall pool of possible report contents are stored in a basic structure. Of this pool of structured contents, a number of customized reports can be prepared in an automated fashion, just by machine processing (Isenmann et al. 2001; Marx-Gómez and Rautenstrauch 2001).

Developing a comprehensive XML-based DTD for environmental reporting indicates a sophisticated effort because a great number of different requirements have to be taken into account. Methodically, its development rests on a process-oriented model initially proposed by Schraml (1997) and then adapted by Lenz (2003):

- Primarily, the main target has to be defined, i.e. developing a comprehensive DTD for XML-based environmental reports.
- Next, a multitude of resources has to be analyzed (e.g. EC 2001; GRI 2000; CEN 1999; DIN 1997; ACCA 1997; future and IÖW 1994; UNEP 1994), intended to extract contents out from regulations, standards, guidelines, available reports and users’ needs and preferences, finally identifying the pool of possible semantic components a report may contain.
- Then, of this pool, the actually relevant semantic components are selected and arranged in a catalogue. The result is a total of 115 semantic components (figure 3).
- Finally, the document type model could be designed. Therefore, all selected components are organised in a hierarchy, typical for XML documents. Finally, the document type model is implemented, i.e. noted according to XML and transformed in a DTD. Today, this DTD is in a still ongoing procedure of standardisation and harmonisation (Isenmann et al. 2003; Marx-Gómez/Isenmann 2004).

When employing such an XML-based DTD, it is argued here, the reporting company will be in a position to carry out its tasks of environmental reporting in a forward-looking way, intended to improve its information management, support its

processes along the whole workflow while exactly meeting requirements proposed by certain guidelines, and communicating with its users in a meaningful and target group tailored manner.

ID	Description	r/o	Source	Generic Identity
1	foreword	o	future 6.1, II	foreword
2	organisation	r	EMAS II, A III, 3.2	organisation
3	organisation description	o	instances	orgDescription
4	corporate culture	o	users	corporateCulture
5	relationship to parent organisation	o	EMAS II, A III, 3.2	parentOrg
6	sites	o	future 6.1, I	sites
...
98	economic-environmental interdependences	o	users	econEnvInterdep
99	financial risks	o	users	financialRisks
100	financial chances	o	users	financialChances
101	formalities	r	EMAS II, A III, 3.2	formalities
102	imprint	o	instances	imprint
103	publisher/author/originator	o	DIN 33922, 5.6, instances	authorOriginator
104	publicationDate	o	instances	publicationDate
105	reporting period	o	DIN 33922, 5.6	temporalCoverage
106	date of next report	o	future 6.1, X	nextReport
107	responsibility and participation in env. rep.	o	future 6.1, III	reportTeam
108	contact	o	DIN 33922, 5.6	contact
109	verification	o	UNO 5, I, 11	verification
110	verifier name	r	EMAS II, A III, 3.2	verifierName
111	verifier accreditation number	r	EMAS II, A III, 3.2	verifierAccredNo
112	verifier address	o	DIN 33922, 5.6	verifierAddress
113	verifier statement	o	future 6.1, X	verifierStatement
114	verification date	r	EMAS II, A III, 3.2	verificationDate
115	additional information	o	future 6.1, X	additionalInfo

Figure 3: Catalogue of 115 relevant semantic components (Lenz 2003, 243)

Component 3: Environmental reporting system

Based on insights of stakeholder analysis and information requirements analysis as one component and built upon a suitable XML-based DTD for environmental reporting as another component, the next step is to combine these components probably working together in an environmental reporting system, performed by an underlying ICT architecture. The main task of such a reporting system is to cross match demand and offer of environmental information appropriately, intended to provide customized reports and other fine tuned communication vehicles that are exactly meeting users' needs and preferences or that are fulfilling specific requirements of certain guidelines, just by an automated manner via machine processing.

Based on a generic classification of customization in terms of user modeling and systems adaptation proposed by Lenz (2003, 212), here we describe an *adaptable* environmental reporting system producing *individualized* reports: Users could modify and interact with the system, at least, to a certain extent. For example, every single user may create his own "report à la carte", while choosing contents, structure, layout and distribution channel according to his individual needs and preferences, just selecting with keywords, clicking on preferences on a menu or choosing a certain guideline – perhaps creating an environmental report according to DIN

33922 or an environmental statement according to EMAS at one's fingertip – and then the document is generated by the reporting system in an automated manner. For any user, an anonymous user model is stored, but the user always may control system behavior through changing his profile.

At the heart of the ICT architecture lies Cocoon, a Java-based, modular structured, open source publishing software (Apache 2003), able to perform XML-based DTDs, and suitable to provide individualized or even personalized environmental reports. Users just need to submit personal information e.g. name and address, and the system may be indicated as an *adaptable* environmental reporting system even providing *personalized* reports, truly able to realize one-to-one-communication *on the fly*. In total, companies are then in a position to make progress in customization step by step, perhaps starting with stereotyping and next moving towards an individualized or personalized environmental reporting system.

The reason why we have employed Cocoon lies – among other benefits – in its powerful and sophisticated application capabilities. The modular application components could be arranged rather flexible, perhaps serially grouped in so-called pipelines where different reports are then created dynamically on the basis of an XML-based DTD, exactly meeting user's different needs. At present, this customized environmental reporting system is realized as a prototype, but soon it will be implemented in a number of German SMEs that then may be regarded as pioneers in the field of corporate environmental reporting, at least in terms of customization and using the Internet for environmental reporting properly.

Conclusions

Corporate environmental reporting is increasingly entering the business mainstream all over the world and thus it has become almost part of companies' daily affairs. Since its initial incarnations in the late 1980s and early 1990s, companies have made considerable progress. Consequently, companies are moving away from obviously outdated, very early stages simply providing "green glossy brochures", usually prepared as "one size fits all" documents on print media, towards an advanced reporting stage while paying more attention to target groups' different information needs, willing to provide customized reports and fine tuned communication vehicles on different media and in various presentation styles. Now that the field has matured and companies have learned their lessons, environmental (online) communication merely via uniformed reports may hardly fulfil emerging requirements and satisfy current expectations in information supply, stakeholder dialogue, feedback and interactivity, be these vehicles available on print media or on the WWW.

Hence, more and more companies are using the Internet because of its unique media-specific benefits provided by this computer-based method. Its great potential for supporting the whole workflow and its outstanding opportunity for producing target group tailored, individualized or even personalized communication vehicles in an automated, effective and cost-saving manner, however, seems to be hardly exploited, yet. Customization in the field of corporate environmental reporting is still in a premature stage. In order to improve current practice, we presented a framework on how to provide customized environmental reports properly, described

in terms of three conceptual components, while fully exploiting the capabilities the Internet may offer on the whole: (i) stakeholder analysis and information requirement analysis, (ii) XML-based document engineering, and (iii) ICT-architecture of an environmental reporting system.

All in all, throwing more light onto customization is argued to be a real step forward in the field, finally to the benefit of all groups involved in or affected by corporate environmental reporting, be they managers, accountants, employees, members of the financial community, standard setting institutions or organizations focused on benchmarking, rating and ranking.

References

- Apache (2003). *Apache Cocoon*. <http://cocoon.apache.org>, {24-06-2003}.
- Azzone, G., Brophy, M., Noci, G., Welford, R. and Young W. (1997). "A Stakeholders' view of Environmental Reporting". *Long Range Planning* 30 (5): 699-709.
- Deloitte Touche Tohmatsu International (DTTI), International Institute for Sustainable Development (IISD) and SustainAbility Ltd. (1993). *Coming Clean – Corporate Environmental Reporting, Opening up for Sustainable Development*. London, UK: DTTI.
- Dutch Association of Investors for Sustainable Development (VBDO) (1998). *Environmental Information for Investors*. Culemborg, The Netherlands: VBDO.
- Environ (2001). *Report on a Survey of Environmental Reporting Costs and Benefits*. Prepared for DEFRA. Tempe, USA: Environ.
- Environmental Resource Management (ERM) (2000). *Corporate Reputation and the Internet*. An ERM Survey. London, UK: ERM.
- Ernst & Young, KPMG and PricewaterhouseCoopers (1999). *The Copenhagen Charter. A Management Guide to Stakeholder Reporting*. Copenhagen, Denmark: House of Mandag Morgen.
- European Committee for Standardization (CEN) (1999). *EN ISO 14031. Environmental Performance Evaluation. Guidelines*. Brussels, Belgium: CEN.
- European Communities (EC) (2001). "Regulation (EC) No. 761/2001 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 allowing voluntary participation by organisations in a Community Eco-Management and Audit Scheme (EMAS)". *Official Journal of the European Communities*. L 114.
- Federal Environmental Agency (FEA) (2002). *Global voluntary Corporate Environmental Reporting. The Corporate Register Directory*. Federal Environmental Agency, Section "Environmental Economic and Social Issues". Berlin, Germany: FEA.
- Fichter, K. (1998). *Umweltkommunikation und Wettbewerbsfähigkeit. Wettbewerbstheorien im Lichte empirischer Ergebnisse zur Umweltberichterstattung von Unternehmen*. Marburg, Germany: Metropolis.
- Future e.V. and Institute for Ecological Economy Research (IÖW) (1994). *Environmental Reports – Environmental Statements. Guidelines on Preparation and Distribution*. Osnabrück, Germany: future e.V.
- German Institute for Standardization e.V. (DIN) (1997). *DIN 33922. Environmental Reports for the Public*. Berlin, Germany: Beuth.
- Global Reporting Initiative (GRI) (2000). *Sustainability Reporting Guidelines on Economic, Environmental, and Social Performance*. Boston, USA: GRI.
- Halme, M. and Huse, M. (1997). "The Influence of Corporate Governance, Industry and Country Factors on Environmental Reporting". *Scandinavian Journal of Management* 13(2): 137-157.

- Henseler J., Isenmann R. and Müller-Merbach H. (2003). *Internetbasierte Geschäftsberichterstattung. Stand und Entwicklungstendenzen*. Berlin, Germany: Schmidt.
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) and imug – Institut für Markt – Umwelt – Gesellschaft (2001). *The INEM Sustainability Reporting Guide – a Manual on practical and convincing Communication for future-oriented Companies*. Hamburg, Germany: International Network for Environmental Management (INEM).
- Isenmann, R. (2004). “Internet-based Sustainability Reporting”. *International Journal of Environment and Sustainable Development* 3(2) (in press).
- Isenmann R. and Lenz C. (2002). “Internet use for Corporate Environmental Reporting: Current Challenges – Technical Benefits – Practical Guidance”. *Business Strategy and the Environment* 11 (3): 181-202.
- Isenmann, R., Brosowski, J., Marx-Gómez, J., and Arndt, H.-K. (2003). “Going Ahead in Harmonising XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting”. *The Information Society and Enlargement of the European Union. 17th International Conference “Informatics for Environmental Protection”, Cottbus 2003, Germany*. Eds. A. Gnauck, R. Heinrich Marburg, Germany: Metropolis. 550-557.
- Isenmann, R., Lenz C. (2001). “Customized Corporate Environmental Reporting by Internet-based Push- and Pull-technologies”. *Eco-Management and Auditing* 8 (2): 100-110.
- Isenmann, R., Lenz C. and Müller-Merbach H. (2001). “Betriebliche Umweltberichterstattung im Internet. Der aktuelle Stand in Deutschland”. *Praxis der Wirtschaftsinformatik* 38 (218): 97-107.
- Isenmann, R., Lenz C., Reitz C. and Müller-Merbach H. (2001). “Nachhaltigkeitsberichterstattung. Internet als Medium zur Integration der Geschäfts- und Umweltberichterstattung von Unternehmen”. *Information Age Economy. Innovations, Methods and Applications for Electronic Commerce. 5th Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2001, Augsburg, Germany*. Eds. H.U. Buhl, A. Huther A. and B. Reitwiesner. Heidelberg, Germany: Physica. 817-830.
- Isenmann, R., Lenz, C. and Müller-Merbach, H. (2002). “The Future of Corporate Environmental Reporting”. *Environmental Communication in the Information Society. Proceedings of the 16th Conference Informatics for Environmental Protection 2002, Vienna, Austria*. Eds. W. Pillmann, K. Tochtermann. Vienna, Austria: International Society for Environmental Protection. 234-241.
- Isenmann, R., Lenz, C., Marx-Gómez, J., Amelung M. and Arndt, H.-K. (2003). “Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung”. *Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme. 11. Tagung der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme der Gesellschaft für Informatik e.V. 2003, Stuttgart, Germany*. Eds. D. Heubach, U. Rey. Aachen, Germany: Shaker. 69-82.
- Jones, K., Walton, J. (1999). “Internet-based Environmental Reporting. Key Components”. *Sustainable Measures. Evaluation and Reporting of Environmental and Social Performance*. Eds. M. Bennett, P. James. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing. 412-425.
- Kolk, A. (2003). “Trends in Sustainability Reporting by the Fortune Global 250”. *Business Strategy and the Environment* 12 (5): 279-291.
- Kolk, A., Walhain S. and van de Wateringen, S. (2001). “Environmental Reporting by the Fortune Global 250: Exploring the Influence of Nationality and Sector”. *Business Strategy and the Environment* 10 (1): 15-28.
- Kolk, A. (1999). “The Internet as a Green Management Tool”. *Harvard Business Review* 6 (3): 307-316.
- KPMG (1997). *International Survey of Environmental Reporting 1996*. Research carried out by U. Wennberg, The International Institute for Industrial Environmental Economics at Lund University, Sweden, in cooperation with KPMG Environmental Advisors, UK. Stockholm, Sweden: KPMG.

- KPMG (1999). *KPMG International Survey of Environmental Reporting 1999*. Institute for Environmental Management, University of Amsterdam, in collaboration with KPMG International Environmental Network. De Meern, The Netherlands: KPMG.
- KPMG (2002). *International Survey of Corporate Sustainability Reporting 2002*. Research carried out by A. Kolk and M. van der Veen, Amsterdam Graduate Business School, University of Amsterdam, in collaboration with KPMG Global Sustainability Services. De Meern, The Netherlands: KPMG.
- Krut, R. and Moretz, A. (2000). "The State of Global Environmental Reporting: Lessons from the Global 100". *Corporate Environmental Strategy* 7 (1): 85-91.
- Larsen, L.B. (2000). "Strategic implication of environmental reporting". *Corporate Environmental Strategy* 7 (3): 276-287.
- Lenz, C. (2003). *Empfängerorientierte Unternehmenskommunikation. Einsatz der Internet-Technologie am Beispiel der Umweltberichterstattung*. Köln, Germany: Eul.
- Lenz, C., Isenmann, R. and Reitz C. (2001). "Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML". *Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltbereich. 4. Workshop "Hypermedia im Umweltschutz"/3. Workshop Environmental Markup Language 2001, Ulm, Germany*. Eds. K. Tochtermann, W.-F. Riekert. Marburg, Germany: Metropolis. 57-69.
- Line, M., Hawley, H. and Krut, R. (2003). "The Development of Global Environmental and Social Reporting". *Corporate Environmental Strategy* 9 (1): 69-78.
- Lippman S. (2001). "Supply Chain Environmental Management". *Environmental Quality Management* 11 (2): 11-14.
- MacLean, R. and Gottfrid, R. (2000). "Corporate Environmental Reports: Stuck Management Processes hold back real Progress". *Corporate Environmental Strategy* 7 (3): 244-255.
- Marshall, S.R. and Brown D. (2003). "Corporate Environmental Reporting: What's in a Metric?" *Business Strategy and the Environment* 12 (2): 87-106.
- Marx-Gómez, J. and Rautenstrauch, C. (Eds.) (2001). *Von der Ökobilanzierung bis zur automatisierten Umweltberichterstattung mit Stoffstrommanagementsystemen – eine Fallstudie*. Aachen, Germany: Shaker.
- Marx-Gómez, J. and Isenmann, R. (2004). "Harmonizing XML-based DTDs for Corporate Environmental Reports: Striving toward EML". *Environmental Online Communication*. Ed. A. Scharl. London, UK: Springer (see chapter xx in this book).
- Morhardt, E.J. (2002). *Clean, Green, and read all over. Ten Rules for effective Corporate Environmental and Sustainability Reporting*. Milwaukee, USA: ASQ Quality Press.
- Schaltegger, S. and Figge, F. (1997). *Umwelt und Shareholder Value*. WWZ-Studie/Bank Sarasin & Cie, Investment Research. Basel, Switzerland: WWZ Forum der Universität Basel.
- Schraml, T. (1997). *Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements. Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen im Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen*. Dissertation. Technische Universität Dresden, Germany.
- Schulz T.M. (1995). *Ökologieorientierte Berichterstattung von Unternehmen. Ökologieorientierte Berichterstattung in Geschäfts- und Umweltberichten unter Berücksichtigung der Informationsbedürfnisse der Stakeholder, untersucht in der europäischen Chemieindustrie*. Dissertation: Universität St. Gallen, Switzerland.
- Skillius, Å. and Wennberg, U. (1998). *Continuity, Credibility and Comparability. Key challenges for corporate environmental performance measurement and communication*. Lund University, Sweden.
- Scott, P. and Jackson, R. (2002). "Environmental, Social and Sustainability Reporting on the Web: Best Practices". *Corporate Environmental Strategy* 9(2): 193-202.

- SocialFunds (Socially responsible investing information concerning corporations, mutual funds, and more) (2000). "Investors Prod CEO's to Adopt New Reporting Standards". <http://socialfunds.com/news/article {16-12-2000}>.
- Spencer-Cooke, A. (1995). "Engaging stakeholders. The next Challenge in Corporate Environmental Reporting." *IÖW/VÖW-Informationsdienst* 10 (3-4): 4-5.
- Steven, M., Schwarz, E. and Letmathe, P. (1997). *Umweltberichterstattung und Umwelterklärung nach der EG-Öko-Audit-Verordnung. Grundlagen, Methoden und Anwendungen*. Berlin et al.: Germany: Springer.
- SustainAbility Ltd. and United Nations Environmental Programme (UNEP), Technology, Industry and Economics Division (1999). *Engaging Stakeholders 1999. The Internet Reporting Report*. London, UK: Beacon Press.
- The Association of Chartered Certified Accountants (ACCA) (1997). *Guide to Environment and Energy Reporting and Accounting 1997*. London, UK: ACCA.
- The Association of Chartered Certified Accountants (ACCA) (2003). *The Big Picture: How the Environment influences Corporate Profit*. London, UK: ACCA.
- The Canadian Institute of Chartered Accountants (CICA) (1994). *Reporting on Environmental Reporting*. Carried out in association with Canadian Standards Association, Financial Executives Institute Canada and International Institute for Sustainable Development (IISD). Toronto, Canada.
- United Nations Environment Programme Industry and Environment (UNEP) (1994). *Company Environmental Reporting. A Measure of the Progress of Business and Industry Towards Sustainable Development*. Technical Report 24. Paris, France: UNEP.
- Van Dalen M. (1997). *Company Environmental Reporting. Conditions for the optimal Information Structure of Environmental Reports*. Dissertation thesis. University of Humber-side, UK, and Zeeland Polytechnic Flushing, The Netherlands.
- Vollmer S.A.M. (1995). *EG-Öko-Audit-Verordnung Umwelterklärung: Anforderungen, Hintergründe, Gestaltungsoptionen*. Berlin et al., Germany: Springer.
- Wheeler, D. and Elkington, J. (2001). "The End of the Corporate Environmental Report? Or the Advent of Cybernetic Sustainability Reporting and Communication". *Business Strategy and the Environment* 10 (1): 1-14.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (1997). "Supply Chain Auditing". <http://www.wbcd.ch/publications/signals.htm#supply {25-07-2005}>.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2000). *Environmental Performance and Shareholder Value*. Geneva, Switzerland: WBCSD.
- Wycherley I. (1999). "Greening Supply Chains: The Case of the Body Shop International". *Business Strategy and the Environment* 8 (2): 120-127.

Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung

Ralf Isenmann, Christian Lenz

Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Betriebsinformatik und Operations Research (BiOR),
Postfach 3049, 67653 Kaiserslautern, E-Mail: {isenmann|lenz}@bior.de,
Internet: <http://www.bior.de> und <http://nachhaltigkeitsberichterstattung.de>

Jorge Marx Gómez, Mario Amelung

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme, Postfach 4120, 39016 Magdeburg, E-Mail: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de,
Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

Hans-Knud Arndt

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Wirtschaftsinformatik, Spandauer Str. 1, 10178 Berlin, E-Mail: arndt@wiwi.hu-berlin.de, Internet: <http://www.wiwi.hu-berlin.de/iwi/>

Inhalt

1 Abstract	132
2 Umweltberichte als Kerninstrumente betrieblicher Umwelt- kommunikation.....	133
3 Drei XML-basierte DTDs für Umweltberichte: Universität Kaiserslautern, Universität Magdeburg und Universität Berlin.....	134
4 Methodisch gestützte Standardisierung der drei XML-basierten DTDs in zwei Schritten	135
4.1 Schritt 1 - Harmonisierung auf der ersten Gliederungsebene.....	135
4.2 Schritt 2 - Harmonisierung auf der zweiten Gliederungsebene.....	136
5 Resümee.....	140
6 Literaturverzeichnis.....	141

1 Abstract

The overall goal of this contribution is to harmonise three different approaches of an XML-based document type definition (DTD) for corporate environmental reporting that have been proposed in the scientific community as yet. This process of harmonisation follows an initial contribution presented at the 16th Conference "Informatics for Environmental Protection", Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria. In this initial contribution it was argued for more standardisation in corporate environmental reporting in order to exploit the huge benefits using up to date ICT (information and communication technologies), in particular the Internet and eXtensible Markup Language (XML). Hence, an approach for harmonising the three different approaches of an XML-based DTD on top level was proposed. Based on this first initial step presented in Vienna, consequently the second step in this contribution is to find out ways how to harmonise the three approaches in a more detailed manner on the second level. Such an effort towards a standardised XML-based DTD for corporate environmental reporting may built the heart and core providing an efficient, automated and customised environmental reporting at corporate level. Furthermore, a standardised XML-based DTD for corporate environmental reporting stimulates the processes towards shaping an Environmental Markup Language (EML).

2 Umweltberichte als Kerninstrumente betrieblicher Umweltkommunikation

Umweltberichte bilden die Kerninstrumente der betrieblichen Umweltberichterstattung. Sie stehen bei der Vermittlung der ökologischen Leistung von Unternehmen im Mittelpunkt und dienen den Unternehmen als die zentralen Publikationen in der Umweltkommunikation. Aus der Sicht der Zielgruppen, darunter z.B. Anrainer und Umweltverbände, aber auch zunehmend Ranking-Institutionen sowie Fondsmanager, kritische Aktionäre, Banken und Versicherungen, stellen Umweltberichte eine glaubwürdige Quelle dar, um sich über die Umweltwirkungen und -aktivitäten der Unternehmen zu informieren (Mesterharm 2001, S. 562). Zwar veröffentlichen Unternehmen ihre Umweltberichte bislang oft noch überwiegend in Printmedien – nach dem Motto „one size fits all“ – und auch der Einsatz computergestützter Medien sowie elektronische Publikationen im Internet und auf CD-ROM sind vergleichsweise selten, so z.B. die vorliegenden empirischen Befunde von Isenmann/ Lenz/Müller-Merbach (2001, S. 97-102). Gleichwohl scheint der Trend zur internetbasierten Umweltberichterstattung ungebrochen, und die Veröffentlichung von Umweltberichten im Internet steigt schnell, zumal den Printmedien enge medienspezifische Grenzen gesetzt und die Anforderungen an Umweltberichte insgesamt deutlich gestiegen sind, so die übereinstimmenden Befunde von Isenmann/ Lenz (2002, S. 182-187) sowie Isenmann/Lenz/Müller-Merbach (2002):

Zum einen fordern die Nutzer maßgeschneiderte Inhalte, eine zielgruppenspezifizierte Darstellung der Umweltberichte sowie Aktualität, Interaktivität und Dialog. Zum anderen soll die Umweltberichterstattung in den Unternehmen selbst wirtschaftlich sein, d.h. bei den eingesetzten knappen Ressourcen sollen Kosten eingespart, Prozesse automatisiert, Abläufe beschleunigt sowie das Personal besser eingesetzt werden.

Angesichts der vielschichtigen Anforderungen bietet der Einsatz des Internet in Verbindung mit der neuen Auszeichnungssprache XML große Gestaltungschancen und eröffnet wirksame Unterstützungspotentiale (Arndt 1999, S. 197-201; Arndt/Christ/Görsch 2000, S. 10-12; Lenz/Isenmann/Reitz 2001, S. 59-60; Isenmann et al. 2001, S. 823-826). Das konzeptionelle Herzstück für die informationstechnische Umsetzung einer internetbasierten Umweltberichterstattung bildet dabei eine umfassende XML-basierte DTD für Umweltberichte. Sie ermöglicht eine flexible, effiziente und zielgruppenspezifizierte Umweltberichterstattung mit einer durchgängigen Prozeßunterstützung, d.h. sie eröffnet letztlich eine automatisierte Erstellung, Verwaltung, Verteilung und Präsentation von Umweltberichten aus einem Guß.

3 Drei XML-basierte DTDs für Umweltberichte: Universität Kaiserslautern, Universität Magdeburg und Universität Berlin

Als Basis für eine standardisierte XML-basierte DTD zur Umweltberichterstattung wurden in den relevanten Fachkreisen bislang drei Vorschläge unterbreitet:

Eine DTD wurde am Lehrstuhl für Betriebsinformatik und Operations Research (BiOR) an der Universität Kaiserslautern entworfen (Lenz 2003; Lenz/Isenmann/Reitz 2001; Isenmann et al. 2001).

Eine andere DTD wurde am Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg vorgelegt (Krüger/Marx-Gómez/Rautenstrauch 2001; Marx-Gómez/Rautenstrauch 2001; Krüger 2001).

Eine weitere DTD wurde vom Institut für Wirtschaftsinformatik an der Humboldt-Universität zu Berlin empfohlen (Arndt/Christ/Günther 2000).

Alle drei vorgeschlagenen DTDs wurden selbständig und unabhängig voneinander erarbeitet sowie nahezu zeitgleich veröffentlicht. Wegen der eigenständigen Entwicklung mag zunächst vielleicht der Eindruck aufkommen, daß die drei DTDs bei einer näheren Betrachtung einander völlig fremd seien. Gleichwohl zeigen die beiden DTDs aus Kaiserslautern und Magdeburg eine Ähnlichkeit, die in der methodischen Basis zur Entwicklung der DTD gründet.

4 Methodisch gestützte Standardisierung der drei XML-basierten DTDs in zwei Schritten

Die methodische Basis zur Entwicklung der DTD, so wie sie in Kaiserslautern und Magdeburg konzipiert wurde, besteht aus einem vierstufigen Verfahren zum Entwurf von DTDs nach Schraml (1997, S. 142):

Stufe 1: Die Definition des Ziels bestand in der Entwicklung einer DTD für XML-basierte Umweltberichte. Die Anforderungen der internationalen und der für Deutschland relevanten Strukturvorschläge sollten explizit berücksichtigt werden. Die DTD sollte umfassend, integrativ und flexibel sein sowie der Standardisierung dienen.

Stufe 2: Die potentiellen semantischen Komponenten wurden aus den herangezogenen Strukturvorschlägen, den konkreten Anforderungen der Zielgruppen als anvisierte Nutzer sowie den analysierten Dokumentinstanzen ermittelt. Durch die Dokumentinstanzen ließen sich zudem logische Komponenten wie z.B. Überschriften, Absätze, Bilder und Kennzahlen identifizieren.

Stufe 3: Auf der Basis der identifizierten potentiellen semantischen Komponenten wurden sodann die tatsächlich relevanten semantischen Komponenten abgeleitet. In diesem Auswahlverfahren wurden Restriktionen, Anforderungen der Nutzer und Dokumentinstanzen gemäß ihrer abgestuften Relevanz sukzessive auf Konsistenz, Redundanz oder Ablehnung geprüft.

Stufe 4: Mit den ausgewählten Komponenten war die Grundlage für das Dokumenttypmodell gelegt. Die ausgewählten Komponenten wurden in einer XML-typischen Hierarchie strukturiert. Zur Ausschöpfung der XML-spezifischen Vorzüge wurde hier eine Mischform aus Struktur- und Inhaltsorientierung bevorzugt.

Mit dem vierstufigen Vorgehen steht ein Verfahren zur Verfügung, das für die Harmonisierung der drei vorgeschlagenen DTDs geeignet erscheint und deshalb hier für eine methodisch gestützte Standardisierung in zwei Schritten herangezogen wird: Schritt 1 – Zunächst wurden die drei DTDs auf der ersten Gliederungsebene harmonisiert (Abschnitt 4.1). Schritt 2 – Daran anknüpfend wird in diesem Beitrag die Standardisierung präzisiert und auf der zweiten Gliederungsebene fortgesetzt (Abschnitt 4.2).

4.1 Schritt 1 - Harmonisierung auf der ersten Gliederungsebene

Zur Harmonisierung der drei DTDs wurden im Schritt 1 zunächst die Elemente auf der ersten Gliederungsebene vereinheitlicht (Lenz/Isenmann/Marx-Gomez/Krüger/ Arndt 2002). Die jeweils enthaltenen Elemente der drei DTDs repräsentierten dabei potentielle semantische Komponenten. Zur Auswahl der tatsächlich einbezogenen relevanten semantischen Komponenten ließen sich drei Verfahrensregeln anwenden:

In die harmonisierte DTD sollten diejenigen semantischen Komponenten eingehen, die durchgängig in allen drei einzelnen DTDs vorkommen.

Ferner sollten diejenigen semantischen Komponenten einbezogen werden, die durch Vorschrift bzw. Standard, Zielgruppenanforderung und Dokumentinstanzenanalyse als erforderlich identifiziert wurden, unabhängig davon, in welchen konkreten DTDs diese betreffenden Komponenten ohnehin enthalten sind.

Alle weiteren semantischen Komponenten sollten im Anschluß nach Maßgabe der Prüfung auf Konsistenz, Redundanz oder Ablehnung entweder einbezogen bzw. abgelehnt werden.

Das Ergebnis der Vereinheitlichung auf der ersten Gliederungsebene besteht insgesamt aus zwölf Elementen (Abb. 1).

```
<!ELEMENT envStatement (foreword, organisation, envPolicy,  
envManSystem, envAspectsImpacts, envObjectives,  
envPerformance, stakeholderDialog, sustDevelopment,  
financialAspects, formalities, other)>
```

Abb. 1: Vorschlag einer harmonisierten XML-basierten DTD zur betrieblichen Umweltberichterstattung nach Lenz/Isenmann/Marx-Gómez/Krüger/Arndt (2002, S. 422) auf der ersten Gliederungsebene

4.2 Schritt 2 - Harmonisierung auf der zweiten Gliederungsebene

Auf die Harmonisierung der ersten Gliederungsebene im Schritt 1 folgt nunmehr die Harmonisierung der zweiten Gliederungsebene als Schritt 2. Als Grundlage hierfür erscheint es zweckmäßig, zunächst die drei vorgeschlagenen DTDs einzeln zu charakterisieren und die dabei hervortretenden Unterschiede anhand des jeweiligen Entwurfsdesigns zu erläutern.

Die DTD aus Kaiserslautern enthält auf der zweiten Gliederungsebene insgesamt 16 Berichtsbestandteile als semantische Komponenten (Abb. 2), darunter: Organisationsporträt (orgDescription) und Tätigkeiten (activities) zur Präzisierung der Unternehmensorganisation, Umweltleitlinien (envGuidelines) als Erläuterung zur Umweltpolitik, Umweltplanung (emsPlanning), Umweltmaßnahmen (emsImplementation) und Umweltüberwachung (emsCheck-CorrAction) zur Konkretisierung des Umweltmanagementsystems, direkte Umweltwirkungen (directAspects), indirekte Umweltwirkungen (indirectAspects) sowie Erfassungs- und Bewertungsmethoden (methods) zur Spezifizierung der Umweltwirkungen, Umweltverbesserungsziele (envTargets) und Umweltprogramme (envProgrammes), um die Umweltziele näher zu beschreiben, Umweltleistungskennzahlen (envPerfFigure) zur detaillierteren Umweltleistungsbewertung, Finanzinformation (financialInformation) und ökonomisch-ökologische Wechselbeziehungen (Interdependences) zur detaillierteren Beschreibung ökonomischer Aspekte sowie das Impressum (imprint) und Angaben zur Begutachtung (verification) im Blick auf die formalen Angaben.

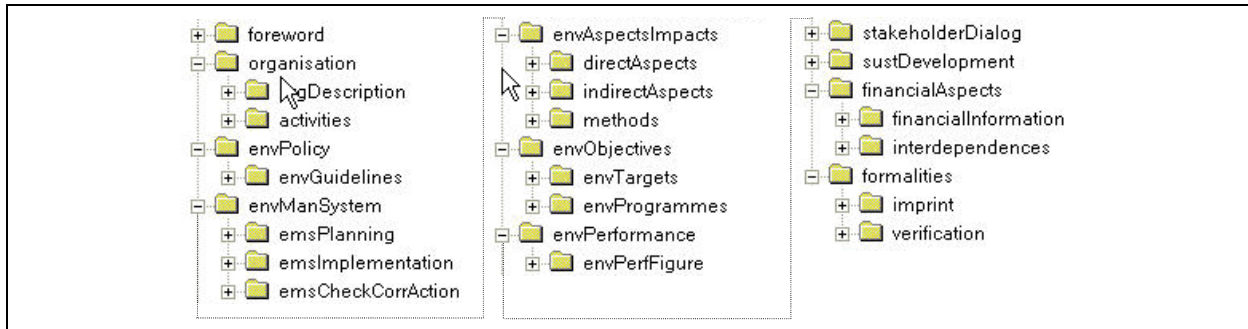


Abb. 2: 16 Berichtsbestandteile auf zweiter Gliederungsebene der DTD aus Kaiserslautern (Lenz 2003)

In ähnlicher Weise wie oben umfaßt die DTD aus Magdeburg auf zweiter Gliederungsebene 18 semantische Komponenten als Berichtsbestandteile (Abb. 3), darunter: Umwelteinwirkungen der Organisation (environmental-effect), Gesetzeskonformität (law-conforming), Klagen (complaint) und Störfälle (breakdown) zur Präzisierung der Unternehmensorganisation, Organisationsstruktur (org-structure), Zuständigkeiten (responsibility), Mitarbeiterschulung (employee-practice) und Umwelt-Audit (audit) zur Konkretisierung des Umweltmanagementsystems, Umweltrelevanz (environmental-relevance), Schadstoffemissionen (emission), Abfallaufkommen (waste-volume), Rohstoffverbrauch (row-material-consumption), Energieverbrauch (energy-consumption), Wasserverbrauch (water-consumption), Datenerfassung (data-collection-method), Sachbilanz (balance-sheet) und Bilanzbewertung (valuation) zur Spezifizierung der Umweltwirkungen sowie Umweltverbesserungsziel (environmental-target), um die Umweltziele näher zu beschreiben.

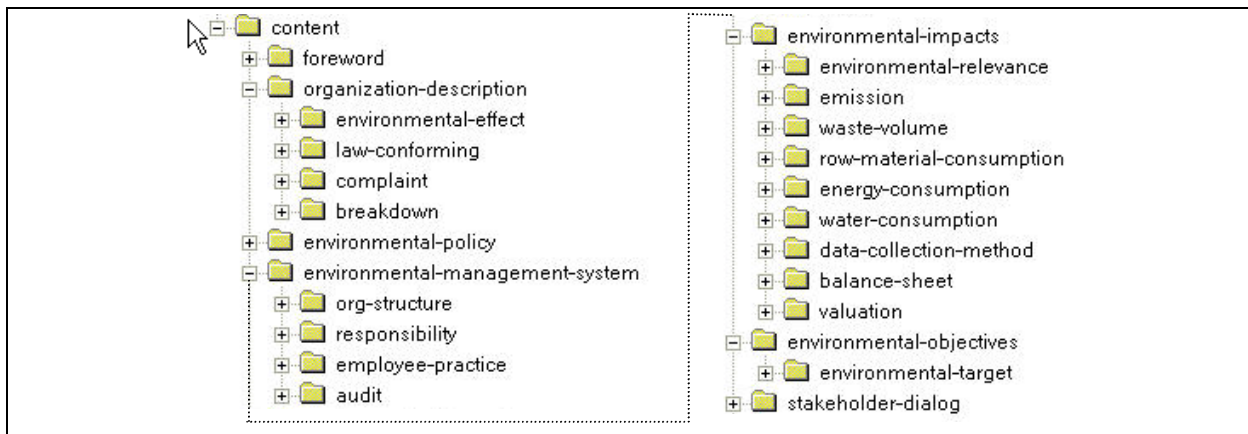


Abb. 3: 18 Berichtsbestandteile auf zweiter Gliederungsebene der DTD aus Magdeburg

Bei der DTD aus Berlin entfällt die zweite Gliederungsebene komplett (Abb. 4).

Die unterschiedliche Charakteristik der drei vorgeschlagenen DTDs, insbesondere zwischen den beiden detaillierter ausgearbeiteten DTDs aus Kaiserslautern und aus Magdeburg einerseits sowie dem generellen Vorschlag aus Berlin andererseits, resultiert letztlich aus einem unterschiedlichen Entwurfsdesign. Mit anderen Worten, das jeweils zugrunde gelegte Entwurfsziel, die Auswahl einbezogener Restriktionen sowie die Breite des explizit berücksichtigten Informationsbedarfs spezifischer Zielgruppen und der Instanzen bereits vorliegender Dokumente prägen die konkrete Ausprägung einer DTD. Das Entwurfsdesign beeinflusst

insofern auch, welche Berichtsbestandteile in den einzelnen Gliederungsebenen enthalten sein mögen und wie diese ggf. detaillierter strukturiert werden können.

```

<!DOCTYPE environmental_report
[<!ENTITY foreword SYSTEM
      "http://www.hu-berlin.de/notes/vorwort.eml">
<!ENTITY organizationalActivities SYSTEM
      "http://www.hu-berlin.de/notes/taetigkeit.eml">
<!ENTITY environmentalPolicy SYSTEM
      "http://www.hu-berlin.de/notes/politik_v10.eml">
...
<environmentalReport>
  &foreword;
  &organizationalActivities;
  &environmentalPolicy;
  &environmentalObjectives;
  &environmentalManagementProgram;
  &environmentalManagementSystem;
  &environmentalAspects;
  &environmentalImpacts;
  &environmentalPerformanceEvaluation;
  &otherFactorsRegardingEnvironmentalPerformance;
  &formalStatements;

```

Abb. 4: 11 Berichtsbestandteile auf erster Gliederungsebene der DTD aus Berlin

Aus einem Vergleich des Entwurfdesigns der drei Vorschläge aus Kaiserslautern, Magdeburg und Berlin ergibt sich das folgende akzentuierende Profil der drei DTDs (Abb. 5).

	Kaiserslautern	Magdeburg	Berlin
Entwurfsziel	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisierung (Einbezug multipler Anforderungen) - Thematische Ergänzung (Sustainable Development, Finanzinformation) - Stakeholderdialog (Zielgruppenspezifizierung, integrierte und medienübergreifende Unternehmenskommunikation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Konkrete Anwendung: Hasseröder Brauerei - Automatisierte Umweltberichterstattung - Einbezug Ökobilanzen (Stoff- und Energiebilanzen), Bilanzbewertung - Zielgruppenspezifizierung - Integrierte Unternehmenskommunikation - Aufbereitung für verschiedene Medien 	<ul style="list-style-type: none"> - EML-Konformität - Einbezug Metadaten
Einbezogene Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS II - EN ISO 14001 - DIN ISO 33922 - Nationaler Leitfaden future e.V. - Internationaler Leitfaden UNEP 	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS I - DIN ISO 33922 	<ul style="list-style-type: none"> - DIN ISO 33922
Berücksichtigter Informationsbedarf von Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> - Mitarbeiter - Kunden - Lieferanten - Gesetzgeber/Behörden - Anrainer - Umweltschutzgruppen - Investoren - Ökologieorientierte Investoren - Medien - Öffentlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunden - Mitarbeiter - Behörden - Anrainer 	
Analysierte Dokumentinstanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Printmedien - Computergestützte Medien (Internet) 	<ul style="list-style-type: none"> - Printmedien - Computergestützte Medien (Internet) 	

Abb. 5: Vergleich des Entwurfdesigns der drei vorgeschlagenen DTDs aus Kaiserslautern, Magdeburg und Berlin

Das differierende Profil der drei vorgeschlagenen DTDs erschwert eine unmittelbare Harmonisierung auf zweiter Gliederungsebene. Das Entwurfdesign erscheint zu heterogen. Insofern erfordert ein standardisierungsfähiger Vorschlag zur Harmonisierung mit einem definitiven und bereits ausgearbeiteten Entwurf einer XML-basierten DTD zur betrieblichen Umweltberichterstattung auf der zweiten Gliederungsebene zuvor eine Einigung über zumindest drei Grundüberlegungen:

Erstens ist zu klären, wie umfassend die DTD sein soll. Das betrifft die Auswahl der ein-zubeziehenden Restriktionen. Soll die zu standardisierende DTD lediglich auf Deutschland beschränkt sein und eher generellen Charakter haben (Vorschlag aus Berlin), oder soll die DTD einen umfassenderen Charakter haben (Vorschlag aus Kaiserslautern und Magdeburg), so daß eine Reihe von Restriktionen, auch auf internationaler Ebene, simultan erfüllt werden kann? Im letztgenannten Fall sind dann zumindest die in der Unternehmenspraxis überwiegend herangezogenen Strukturvorschläge zur Umweltberichterstattung nach EMAS I/II in Europa sowie auf internationale Ebene die Vorgaben der Normenreihe EN ISO 14000 einzu-beziehen. Eine solche Klärung der Restriktionen prägt auch die Reichweite und Akzeptanz ei-ner standardisierten DTD.

Zweitens ist zu diskutieren, in welchem Maße der spezifische Informationsbedarf typischer Zielgruppen der Umweltberichterstattung berücksichtigt werden soll. Diese Diskussion zielt darauf, ob und inwiefern die vorliegenden Erkenntnisse aus den verfügbaren empirischen Studien zum charakteristischen Informationsbedarf spezifischer Nutzer von Umweltberichten in den Entwurf einer standardisierten DTD einfließen sollen. Da eine standardisierte DTD in Summe das gesamte Informationsangebot abbildet, das eine Vielzahl umweltbericht-erstattender Unternehmen den Zielgruppen anzubieten vermag, werden hierbei ggf. die Weichen für die Realisierung einer tatsächlich zielgruppenspezifischen Umweltbericht-erstellung gestellt.

Drittens schließlich ist Einvernehmen über die zu analysierenden Dokumentinstanzen zu erzielen. Sollen lediglich Umweltberichte in Printmedien z.B. auch auf logische Komponenten untersucht werden wie z.B. bei Schraml (1997, S. 188) oder sollen daneben wie bei Lenz (2003) auch elektronische Publikationen in die Analyse mit einbezogen werden?

Die Vorzüge, die mit einer standardisierten DTD einhergehen können, erscheinen – unter Be-achtung genereller Nutzen-Kosten-Überlegungen – insgesamt umso größer, je mehr maßgeb-liche bzw. tatsächlich einschlägige Restriktionen einbezogen werden, je genauer die empiri-schen Studien zum charakteristischen Informationsbedarf spezifischer Nutzer von Umweltbe-richten berücksichtigt werden und je mehr auch elektronisch verfügbare Dokumentinstanzen von Umweltberichten einbezogen werden, nicht nur Printdokumente. Diese Argumentation für ein umfassendes Entwurfsdesign stützt sich u.a. auf Schraml (1997, S. 151); er betont mehr-fach die prägende Bedeutung, die die Auswahl der einfließenden Restriktionen, des berück-sichtigten Informationsbedarfs und der analysierten Dokumentinstanzen auf die konkrete Ausprägung einer DTD haben.

Gleichwohl sind die erforderlichen Vorarbeiten für einen standardisierungsfähigen Vorschlag zur Harmonisierung einer XML-basierten DTD zur betrieblichen Umweltberichterstattung vo-rangeschritten und erfolgversprechende Wege eingeleitet. Ein definitiver und ausgearbeiteter Entwurf auf der zweiten Gliederungsebene soll der Fachwelt auf der kommenden Tagung für Umweltinformatik 2003 in Cottbus vorgestellt werden.

5 Resümee

Die Harmonisierung der drei XML-basierten DTDs aus Kaiserslautern, Magdeburg und Berlin dient als substantieller Beitrag bei der Diskussion zur Standardisierung betrieblicher Umweltberichte. Damit ist zugleich die Hoffnung verknüpft, der Initiative zu einer vereinheitlichten Auszeichnungssprache im Sinne einer Environmental Markup Language (EML) im Bereich der Umweltinformatik weitere Impulse zu verleihen. Neben dieser eher akademischen Zielsetzung vermag eine standardisierte XML-basierte DTD aus Praktikersicht auch dazu beizutragen, die Unterstützungspotentiale durch Internettechnologien und Internetdienste für die betriebliche Umweltberichterstattung insgesamt konzeptionell zu erschließen (Lenz 2003).

6 Literaturverzeichnis

- Arndt, Hans-Knud
Überbetriebliche Integration von Umweltinformationen mit Hilfe von XML, in: C. Dade; B. Schulz (Hrsg.): Management von Umweltinformationen in vernetzten Umgebungen. Marburg: Metropolis 1999, S. 191-202
- Arndt, Hans-Knud; Christ, Mario; Görsch, Daniel
XML als Metasprache zum Entwurf einer standardisierten Beschreibung von Umweltdaten, in: H.-K. Arndt; O. Günther (Hrsg.): Environmental Markup Language (EML). Marburg:Metropolis 2000, S. 9-29
- Arndt, Hans-Knud; Christ, Mario; Günther, Oliver
Umweltberichterstattung als strategische und betriebsübergreifende Anwendung betrieblicher Umweltinformationssysteme, in: Strategische und betriebsübergreifende Anwendungen betrieblicher Umweltinformationssysteme, hrsg. von Lorenz Hilty, Daniel Schulthess und Thomas Ruddy. Marburg: Metropolis 2000, S. 113-124
- Deutsches Institut für Normung e.V. DIN (Hrsg.)
DIN EN ISO 14001. Umweltmanagementsysteme. Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung. Berlin: Beuth 1996
- Deutsches Institut für Normung e.V. DIN (Hrsg.)
DIN 33922 Umweltberichte für die Öffentlichkeit, Berlin, Wien, Zürich 1997
- EU (Hrsg.)
Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung von gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS I), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 10.7.1993, L 168/1, S. 1-18
- EU (Hrsg.)
Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS II), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 24.4.2001, L 114, S. 1-29
- future e.V. (Hrsg.)
Umweltberichte - Umwelterklärungen. Hinweise zur Erstellung und Verbreitung. Ein Leitfaden. Osnabrück: Förderkreis Umwelt future e.V. 1994
- Isenmann, Ralf; Lenz, Christian
Internet Use for Corporate Environmental Reporting: Current Challenges – Technical Benefits – Practical Guidance, in: Business Strategy and the Environment, vol. 11, 2002, issue 3, pp. 181-202
- Isenmann, Ralf; Lenz, Christian; Müller-Merbach Heiner
Betriebliche Umweltberichterstattung im Internet. Der aktuelle Stand für Deutschland, in: Praxis der Wirtschaftsinformatik (HMD), 38. Jg., 2001, Heft 218, S. 97-107
- Isenmann, Ralf; Lenz, Christian; Müller-Merbach, Heiner
The Future of Corporate Environmental Reporting. Trends, Contents, Media, Technologies, in: Environmental Communication in the Information Society. Proceedings of the 16th Conference "Informatics for Environmental Protection", Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria. Part 1 and 2, ed. by Werner Pillmann and Klaus Tochtermann. Vienna: International Society for Environmental Protection 2002, pp. 234-241
- Isenmann, Ralf; Lenz, Christian; Müller-Merbach, Heiner; Reitz, Christian
Nachhaltigkeitsberichterstattung: Internet als Medium zur Integration der Geschäfts- und Umweltberichterstattung von Unternehmen, in: Information Age Economy. 5. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2001, hrsg. von Buhl, Hans Ulrich, Huther, Andreas, Reitwiesner, Bernd (Hrsg.). Heidelberg: Physica 2001, S. 817 – 830
- Krüger, Mario
Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

- Krüger, Mario; Marx-Gómez, Jorge; Rautenstrauch, Claus
Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML, in: Sustainability in the Information Society. 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich 2001, ed. by Lorenz Hilty and Paul W. Gilgen. Part 2: Methods/Workshop Papers. Marburg: Metropolis 2001, pp. 1016-1027
- Lenz, Christian
Empfängerorientierte Unternehmenskommunikation – Einsatz der Internet-Technologie am Beispiel der Umweltberichterstattung. Dissertation Universität Kaiserslautern 2003
- Lenz, Christian; Isenmann, Ralf; Marx-Gomez, Jorge; Krüger, Mario; Arndt, Hans-Knud
Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML, in: Proceedings of the 16th Conference "Informatics for Environmental Protection", Sept. 25-27, 2002, Vienna, Austria. Part 1 and 2, ed. by Werner Pillmann and Klaus Tochtermann. Vienna: International Society for Environmental Protection 2002, pp. 416-423
- Lenz, Christian; Isenmann, Ralf; Reitz, Christian
Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML, in: Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltbereich. 4. Workshop „Hypermedia im Umweltschutz“/3. Workshop Environmental Markup Language, 10.-11. Mai 2001, Ulm, hrsg. von Klaus Tochtermann; Wolf-Fritz Riekert. Marburg: Metropolis 2001, S. 57-69
- Marx-Gómez, Jorge; Rautenstrauch, Claus (Hrsg.)
Von der Ökobilanzierung bis zur automatisierten Umweltberichterstattung mit Stoffstrommanagementsystemen – eine Fallstudie. Magdeburger Schriften zur Wirtschaftsinformatik. Aachen: Shaker 2001
- Mesterharm, Michael
Integrierte Umweltkommunikation von Unternehmen: Theoretische Grundlagen und empirische Analyse der Umweltkommunikation am Beispiel der Automobilindustrie. Marburg: Metropolis 2001
- Schraml, Thomas
Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen im Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen. Dissertation, TU Dresden 1997
- United Nations Environmental Programme Industry and Environment (UNEP); SustainAbility (Hrsg.)
Company Environmental Reporting. A Measure of the Progress of Business & Industry Towards Sustainable Development. Technical Report 24, Paris 1994

A Comparative Eco-balance for Coating Materials with Epoxidised Derivatives

Chaouki Khatib¹, Jorge Marx Gómez², Silke Pröttsch¹ and Claus Rautenstrauch¹

Abstract

The scope of the presented project was to illuminate and describe the potential environmental impacts which are caused by the production and application of a coating material using epoxidised derivatives. Therefore an appropriate comparative eco-balance in collaboration with the company BIOMEL GmbH located in Dessau (Germany) shall be conducted. Problem definition, approach and results will be given.

1. Introduction

In the field of coating materials volatile organic compounds (VOC) represents one of the highest environmental burden. Due to this fact the company BIOMEL GmbH started to develop a new product which should substitute VOC from coating materials. The new product has a pure native basis utilising the seed oil of the so called dragon-figurehead plant. The “reactive diluent” shall substitute VOC-containing solvents and because of its specific properties it can be used as a solvent as well as a binder.

In order to verify the environment-friendly behaviour of a coating material using the reactive diluent it is necessary to compare it with another coating material concerning environmental impacts. It will be exemplified with the use of a concrete coating material containing solvent compared to a solvent-free concrete coating material (containing the reactive diluent). Therefore the method of eco-balancing has been chosen. Two eco-balances have been created and opposed (comparative eco-balance) according to ISO 14040 in order to obtain and derive meaningful and reliable environmental information.

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institute of Technical and Business Information System, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg, e-mail: khatib@iti.cs.uni-magdeburg.de

² Technical University of Clausthal, Institute of Computer Science, Business Information Systems, Julius-Albert-Str.4, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, e-mail: gomez@in.tu-clausthal.de

2. Process Structure

In accordance to the investigation subject of an eco-balance, the life-cycle of the coating compound should be considered and investigated including all material and energy flows during the whole product life-cycle starting from the raw material extraction, along the production process, the utilisation and the disposal (Rautenstrauch 1999, 21). Up to now only the first three phases have been considered. The disposal phase has not been covered due to identical removal treatments for both materials. Here the coatings will be removed and transferred to a hazardous waste disposal site. Furthermore it should be mentioned that no further relevant data are available for this.

Both concrete surface coatings (2K-epoxy-resin concrete coating, solvent-free and solvent-containing) consist of three layers: the grounding, the interface layer and the sealing coat. Each of them is manufactured in the same manner.

The solvent-containing layers are composed of the following precursors (Brock/Groteklaes/Mischke 1999, 14): non-volatile fraction (binder, pigment and filling material, non-volatile additives), hardener and volatile fraction (solvent, dispersing agent, volatile additives).

Layers of solvent-free concrete surface coating include binder, pigment and filling material, additives and hardener as well. Instead of the volatile solvent they include the reactive diluent.

The production of both coating materials, i.e. the production of the respective layers will be conducted as follows: weighing out the raw materials for the dispersing approach, master batch (crude homogenisation), pre-dispersing, fine-dispersing (main- dispersing), filtrating, packaging and storage of the finished products (Brock/Groteklaes/Mischke 1999, 230).

Within the utilisation phase of the concrete surface coating the volatile part (solvent) of the solvent-containing concrete surface coating evaporates during the generation of the film without a chemical transformation (Baumann/Muth 1997, 387). In contrast to this the reactive diluent of the solvent-free concrete surface coating is not evaporating. Due to a chemical reaction during the film generation the reactive diluent loses its diluent properties and becomes part of the binder.

3. Data Integration

For the eco-balancing it is necessary to ascertain precise data about all involved processes. After the modelling of the process structure the overall model must be completed with the ascertained data in order to calculate the input and output flows and to generate the actual balance. The methodology of eco-balancing which provides the foundation for this study is based upon material flow networks. Technical

information about processes are modelled, specified and evaluated with the utilisation of the software tool Umberto.

E.g., modelling the sub-process “dragon-figurehead methyl-ester to epoxy dragon-figurehead methyl-ester” resulting in reactive diluent could be achieved using a detailed flow process chart with the corresponding data.

Processes for the transformation of materials and energy are modelled in the network with transitions symbolised by rectangles. Storage and distribution of materials occur in places symbolised by circles.

In order to be able to specify places and transitions, the belonging material flows have been assigned to them. After having specified all relevant transitions and places, the material flow network could be calculated.

4. Inventory Analysis, Impact Assessment and Balance Valuation

Based on the calculation mentioned above the impact assessment and balance valuation could be done using coefficient systems implemented in Umberto.

The impact assessment is executed to consolidate the information contained in the actual balances for preparation of the subsequent balance valuations. In order to achieve this, the documented material flows are to be described with regard to their potential environmental impacts. For substances with comparable impacts an aggregation is carried out. This procedure strives for a comprehensive impact assessment of all input and output flows.

With the use of the software tool Umberto® it is possible to compare process balances immediately. Consequently significant differences between created balances (solvent-free and solvent-containing concrete surface coating) can be achieved.

Impact assessment and balance valuation have been conducted in several steps applying the UBA-method from the Federal Office for Environment (Umweltbundesamt 2000, 4). In the first step of the impact balance, the classification, all material and energy flows that have been confirmed in the actual balance are linked to impact categories according to their environmental impact potential, respectively. The impact potentials are calculated in the second step, the characterisation. Modelling and aggregation of the actual balance data within the impact categories have been conducted. Within the categories suitable rates are determined which enable impact related aggregation. They describe the potentials in a quantitative form.

Ten environmental impact categories have been suggested: consumption of raw materials, greenhouse effect, generation of photo-oxidants, acidification of soil and surface water, eutrophication, impediments to human health (cancer risk), direct damage to organisms and eco-systems (fine dust generation), introduction of nutrients into soil and surface water, consumption of space, noise incrimination.

In order to obtain a better comparability, the results have been normalised for inhabitant mean values in Germany (DIN 1999, 15) and based on that, the relative specific contributions for impact categories have been calculated.

The maximum specific contribution is provoked by the consumption of crude oil equivalents in the impact category “consumption of raw materials” and is set equivalent to 100%. All other specific contributions are to be set in relation to this value. Compared to the crude oil consumption caused by coating materials with conventional solvents, a specific contribution close to 17% in the category “consumption of raw materials” for the coating material based on the reactive diluent could be found. At the same time the consumption of crude oil equivalents gives the maximum specific contribution resulting from the solvent-free coating material.

As far as the fine dust generating potential (PM10-potential) is concerned, the specific contribution could be reduced from 50% for the solvent-containing coating material down to 10% for the solvent-free coating material.

The application of the impact categories “impediments to human health” and “direct damage to organisms and eco-systems” leads to a reduction of the specific contribution for dust from 43% (solvent-containing surface coating) to about 10% (solvent-free surface coating).

Similar results could be obtained for the remaining impact categories. Merely, as far as the category “consumption of space” is concerned, better results could be obtained for the solvent-containing coating material. The reason for this fact is the huge amount of dragon figurehead oil required in the reactive diluent production. This oil will be extracted from the seed of the dragon figurehead plant. The plant needs an appropriate agricultural cultivable area.

5. Conclusions and Summary

The obtained results of this study clearly demonstrate that concrete coating materials on a native basis, i.e. without VOC-containing solvents are significantly more environment-friendly than the conventional solvent-containing concrete surface coating materials.

Bibliography

- Baumann, W. / Muth, A. (1997): Farben und Lacke: Daten und Fakten zum Umweltschutz mit 157 Tabellen. Springer, Berlin
- Brock, T. / Groteklaes, M. / Mischke, P. (1998): Lehrbuch der Lacktechnologie. Vincentz, Hannover
- DIN (1999): DIN 14042. Ökobilanz – Wirkungsabschätzung. Deutsche Fassung der prEN ISO 14042. Beuth Verlag, Berlin

Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme: Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer, Berlin

Umweltbundesamt (2000): Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“, Umweltbundesamt, August 2000

Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML

Mario Krüger, Jorge Marx Gómez¹ und Claus Rautenstrauch

Abstract

Discussions concerning environmental aspects considerably gained in importance and challenged business in recent years. Comprehensible and authentic as well as target group-oriented environmental reporting requires substantial quantities of relevant information. In order to automate environmental reporting the presented approach is based on structuring and standardizing of environmental documents using XML. To this end a document type definition for environmental reports has been developed and forms the basis for a software application system in order to facilitate the creation and the target group-oriented preparation of environmental reports. The automated integration of eco-balance data into the environmental report is here of particular importance.

1. Problemstellung und Motivation

Die ersten Umweltberichte in Deutschland wurden Anfang der 90er Jahre veröffentlicht. Immer mehr Unternehmen erkennen seither die strategischen Wettbewerbsvorteile, die sich aus der Umweltberichterstattung ergeben und sehen diese nicht mehr nur als eine Maßnahme zur Öffentlichkeitsarbeit. Ebenso ist das Interesse und das Informationsbedürfnis der Adressaten seitdem stetig gestiegen und somit eine nachvollziehbare und glaubwürdige Berichterstattung gefragt. Diese können Unternehmen jedoch nur leisten, wenn Umweltmanagement und Umweltcontrolling im Unternehmen etabliert sind und dadurch die Sammlung und Aufbereitung der erforderlichen Daten ermöglicht wird.

Die Hasseröder Brauerei GmbH hat die Zielsetzung, eigenverantwortlich zu einer Verringerung, und – soweit möglich – Vermeidung, von Umweltbelastungen bei-

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme, Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik, Postfach 4120, 39016 Magdeburg, Tel: 0391-67-18386, Fax: 0391-67-11216, e-mail: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

zutragen, die durch ihre industrielle Tätigkeit entstehen. Im Rahmen der Umweltzertifizierung nach DIN EN ISO 14001 plant die Brauerei die Erstellung und Veröffentlichung eines Umweltberichts, der Angaben zur Umweltpolitik, den Umweltzielen, dem Umweltprogramm und den Umweltwirkungen des Produktionsstandortes enthält.

Mit zwei vorangegangenen Projekten ist in der Hasseröder Brauerei die Datengrundlage für eine umfassende und hochwertige Umweltberichterstattung geschaffen worden. Es liegt ein vollständiges Stoffstrommodell des Brauereiprozesses vor. Jeder Vorgang ist im Detail modelliert und mit sinnreichen operativen Daten unterlegt (Faustmann/Lutze 1999, 8). Im Rahmen des zweiten Projektes wurde ein auf die Bedürfnisse und die Datengrundlage der Hasseröder Brauerei angepasstes Kennzahlensystem entwickelt und die darauf basierenden Auswertungen zur Bilanzbewertung implementiert (Wilke 2000, 3). Modelle und Bewertungen liegen in einem einheitlichen Format vor, so dass eine Umweltberichterstattung darauf ohne Weiteres aufsetzen kann. Die im Rahmen der Umweltberichterstattung zu erstellenden Umweltberichte sollen höchsten qualitativen Anforderungen genügen, aber auch mit begrenzten Ressourcen erstellt werden können.

Unternehmen, die sich zur Veröffentlichung eines Umweltberichts entschließen, stehen vor einer Fülle informationeller Herausforderungen. Dabei geht es einerseits um die Erfassung und Bewertung umweltrelevanter Daten, andererseits um die zielgruppenorientierte Informationsaufbereitung, die effiziente Erstellung von Umweltberichten und deren effektive Verbreitung sowie die Vermittlung von Glaubwürdigkeit und Kompetenz.

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf Umweltberichte in ihrer Eigenschaft als Dokumente. Umweltberichte liegen heute mehrheitlich in einer layoutorientierten Beschreibung auf Papier oder in elektronischer Form vor. Dieser Umstand führt dazu, dass sie weder zweckmäßig weiterverarbeitet und modifiziert, noch automatisiert in andere Informationsprodukte überführt werden können. Ziel dieser Arbeit ist es deshalb zu zeigen, wie auf Basis international standardisierter Formalisierungsstrukturen Umweltberichte maschinell handhabbar gemacht sowie erfolgreich produziert und verbreitet werden können. Der Schwerpunkt liegt dabei in der automatischen Einbindung von im Unternehmen verfügbaren Umweltinformationen, insbesondere von Ökobilanzdaten.

2. Umweltberichterstattung

Unter dem Begriff der Umweltberichterstattung wird die Gesamtheit aller Maßnahmen zur sachgerechten und wahrheitsgemäßen Unterrichtung von unternehmensinternen und/oder -externen Zielgruppen über umweltrelevante Fragen des Unternehmens oder des Standortes verstanden. Gegenstand der Berichterstattung können sowohl Ziele und Aktivitäten im Umweltschutz sein, als auch die Beschreibung von

Problemlagen und Erfolge sowie Umweltwirkungen, die durch das Unternehmen und seine Produkte verursacht werden.

Die Umweltberichterstattung von Unternehmen kann entweder freiwillig, unfreiwillig oder gesetzlich vorgeschrieben sein. Da die freiwillige Umweltberichterstattung stets mit Kosten verbunden ist, muss sie einen positiven finanziellen oder immateriellen Beitrag zur Erreichung der Unternehmensziele leisten.

Unternehmensintern stellt die Umweltberichterstattung den leitenden Mitarbeitern die nötigen Informationen für eine umweltorientierte Unternehmensführung und die Kontrolle des Erfolges bisher umgesetzter Maßnahmen zur Verfügung. Unternehmensextern erfüllt die freiwillige Umweltberichterstattung z. B. die Funktion der Dokumentation des realen Umweltverhaltens eines Unternehmens oder dient als Mittel zur Vermarktung betrieblicher Umweltbemühungen (Schraml 1997, 24).

Auslöser für unfreiwillige Umweltberichterstattungen sind z. B. Kampagnen von Umweltschutzverbänden, Presseberichte über Umweldelikte und Störfälle. Das Unternehmen muss dann auf den Druck von Medien, Politik oder Kunden mit Informationen und Stellungnahmen reagieren (Clausen/Fichter 1996, 8).

Bestimmte Unternehmen können aufgrund gesetzlicher Vorgaben zur Umweltberichterstattung verpflichtet werden. Dokumente, die in diesem Zusammenhang von den Unternehmen erstellt werden müssen, sind z. B. Emissionserklärungen gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG 1991), Informationen über Sicherheitsmaßnahmen gemäß Störfall-Verordnung (StörfallVO 1991) oder Abfallbilanzen und Abfallwirtschaftskonzepte gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG 1994; Rautenstrauch 1999, 110).

Instrumente der Umweltberichterstattung sind der Umweltbericht und die Umwelterklärung. Im Gegensatz zur Umwelterklärung ist der Inhalt des Umweltberichts nicht rechtlich geregelt (EMAS 1993, 4; DIN 33922 1996, 3).

Zusammengefasst lassen sich für Umweltberichte und -erklärungen folgende Mindestanforderungen an den Inhalt benennen (Clausen/Fichter 1995, 156):

- Vorwort der Unternehmensleitung
- Beschreibung der Unternehmenstätigkeit
- Umweltleitlinien, Umweltprogramm und Umweltziele
- Umweltmanagementsystem
- Überblick und Bewertung der Stoff- und Energieströme
- Wichtige Umweltfragen in Bezug auf Produkte oder Dienstleistungen
- Direkte Ansprache wichtiger Adressaten
- Formalangaben

Darüber hinaus können weitere Schwerpunkte gesetzt und in den Umweltbericht aufgenommen werden, wie z. B. Informationen zu Fragen des Gesundheitsschutzes oder die Einbindung und Schulung von Mitarbeitern in Umweltfragen.

3. Umweltberichte auf Basis von XML

Die maschinelle Verarbeitung, Auswertung sowie Wiederverwendung von Dokumenten, -teilen und -inhalten stellt spezifische Anforderungen an deren Struktur. Um den Prozess der Umweltberichterstattung möglichst effizient zu gestalten und zu unterstützen, ist die logische Struktur der diversen Umweltdokumente mittels der Auszeichnungssprache XML (Extensible Markup Language) zu kennzeichnen.

Nachfolgend wird gezeigt, wie Dokumente allgemein in ihrer Struktur beschrieben werden können und welche Möglichkeiten Auszeichnungssprachen diesbezüglich bieten. Weiterhin wird ein Vorgehensmodell zur Erstellung von Dokumententypmodellen vorgestellt und exemplarisch für Umweltberichte angewendet. Das Ergebnis ist hierbei eine Dokumenttypdefinition (DTD), die als Basis für die Erstellung von Umweltberichten sowie die Entwicklung eines Anwendungssystems zur automatisierten Einbindung von Ökobilanzdaten und Darbietung des Umweltberichts herangezogen werden kann.

3.1 Dokumentstrukturen

Dokumente sind zu einem Thema zusammengefasste zeitabhängige (Video, Audio) oder unabhängige Daten (Text, Bild), die eine logische und grafische Struktur aufweisen. Die grafische Struktur bezieht sich auf die vom Leser erkennbare äußere Form der Dokumentbestandteile. Im Gegensatz dazu bezieht sich die logische Struktur auf die vom Autor beabsichtigte Bedeutung der Dokumentbestandteile und ist meist hierarchisch aufgebaut. Logische Dokumentstrukturen werden häufig durch Kombination struktur- und inhaltsorientierter Auszeichnungsmerkmale beschrieben. Dadurch wird eine optimale Verarbeitung, Wiederverwendung und gezielte Suche der im Dokument vorliegenden Daten ermöglicht.

3.2 Auszeichnungssprache XML

Mit Hilfe der Auszeichnungssprache XML lassen sich Texte logisch strukturieren. Dazu werden sogenannte Tags (engl.: Marken, Etiketten) in den fortlaufenden Nutzttext eingebettet. Tags kennzeichnen entweder als Tag-Paar Anfang und Ende eines ausgezeichneten Textstücks oder als Einzel-Tag z. B. einen Zeilenumbruch. Ein Einzel-Tag bzw. ein Tag-Paar und der eingeschlossene Nutzttext werden als Element bezeichnet. Die Gemeinsamkeiten aller Dokumente einer Klasse werden in einer Dokumenttypdefinition (DTD) beschrieben. Die DTD legt fest, wie sich Elemente innerhalb eines XML-Dokuments aufeinander beziehen und stellt außerdem eine Grammatik für das Dokument und alle seine Elemente zur Verfügung.

Das Hauptaugenmerk bei der Verwendung von XML liegt bei der Gestaltung der DTD. Software zur Auswertung und Stylesheets zur Darbietung lassen sich anhand

der DTD einfach erstellen, ohne dass der Entwickler die eigentlichen Dokumente kennt. Mit Hilfe sogenannter Formatierungs- und Transformationssprachen ist es möglich, Stylesheets für XML-Dokumente zu erstellen, die diese dann in ein gewünschtes Ausgabeformat wandeln. Für XML sind dies die Extensible Stylesheet Language (XSL) und die XSL Transformations (XSLT).

XSLT dient zur Transformation von XML-Dokumenten in eine andere XML-Form. Durch die Transformation von einer XML-Form in eine andere XML-Form ist es u. a. möglich, nur bestimmte Elemente zu verarbeiten oder mehrfach zu verwenden. XSL dient zur Formatierung von XML-Dokumenten, z. B. in das Portable Document Format (PDF) im DIN A4-Format.

3.3 Entwurf einer DTD für Umweltberichte

Beim Entwurf der DTD ist besonders auf Allgemeingültigkeit zu achten. Weiterhin ist die Einbeziehung verfügbarer Ökobilanzdaten (Sach- und Wirkungsbilanzen) zu ermöglichen. Beim Entwurf der DTD für Umweltberichte wird nach dem Vorgehensmodell von SCHRAML verfahren (Schraml 1997, 122), das sich am klassischen Phasenmodell der Systementwicklung orientiert und die einzelnen Phasen Zieldefinition und Planung, Analyse wesentlicher Einflussfaktoren, Abgleich und Auswahl relevanter semantischer Komponenten, Modellentwurf und die Implementierung berücksichtigt.

Zieldefinition (Phase 1): Ziel es ist, eine Dokumenttypdefinition zu entwickeln, die als Grundlage für Umweltberichte von Unternehmen dienen kann. Dabei sollen die auf der DTD basierenden Dokumentinstanzen möglichst automatisch erstellt und weiterverarbeitet werden können sowie wiederverwendbar sein. Speziell für die Integration von Sachbilanzen (Stoff- und Energiebilanzen), Wirkungsbilanzierungen und Bilanzbewertungen in den Umweltbericht sind entsprechende semantische Komponenten vorzusehen. Die Gestaltung der Umweltberichte soll, unter Einhaltung der wesentlichen Richtlinien und Leitfäden, so flexibel wie möglich sein.

Analyse der wesentlichen Einflussgrößen (Phase 2): Die Rahmenbedingungen für das Dokumentmodell ergeben sich aus den Anforderungen der EMAS-Verordnung und der DIN 33922 (Clausen/Fichter 1996, 113). Daneben existieren weitere Leitfäden nationaler und internationaler Organisationen sowie von Branchenverbänden. Die Extraktion der in den Richtlinien vorgegebenen Struktur- und Inhaltskomponenten führt zu ersten potenziellen semantischen Komponenten (PSK) für das Dokumentmodell (Schraml 1997, 181). Durch eine branchenübergreifende Dokumentanalyse von Umweltberichten und die Berücksichtigung eines Kerns konvergenter Informationsbedürfnisse wichtiger Anspruchsgruppen ergeben sich weitere PSK, wie beispielsweise:

- Semantische Komponenten für die Darstellung der Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung.
- Fachbegriffe und deren Definition, wodurch der Umweltbericht klarer und verständlicher wird.
- Bestimmte Begriffe, die besonders betont oder hervorgehoben werden müssen.
- Metadaten, die Informationen über die Klassifizierung sowie Verwaltung von Dokumenten und Inhalten erfassen können.

Für die Einbeziehung von Metainformationen in das Umweltberichtsmodell wird auf die Entwicklungen der Arbeitsgruppe „Environmental Markup Language (EML)“ zurückgegriffen. Die vorgeschlagene Kernmenge an EML-Metadatenelementen eignet sich zur Erfassung von Klassifizierungs- und Verwaltungsinformationen für Umweltberichte (Arndt et al. 2001, 135).

Auswahl relevanter semantischer Komponenten (Phase 3): Nach Abschluss der Analysephase werden aus den gesammelten PSK zunächst diejenigen Komponenten selektiert, die aufgrund ihrer Häufigkeit in realen Dokumenten, durch konvergente Informationsbedarfe sowie durch Rahmenbedingungen für das Dokumentmodell erforderlich sind (Schraml 1997, 197). Die verbliebenen PSK werden entsprechend ihrer Zuordnung zu den Einflussfaktoren gewichtet und ab einem festgelegten Gewichtungsfaktor in das Modell übernommen. Das Ergebnis ist eine Menge relevanter semantischer Komponenten (RSK), die Eingang in das Dokumentmodell finden (Krüger 2001, 84).

Modellentwurf (Phase 4): Im ersten Schritt der Modellierungsphase wird eine für Umweltberichte typische hierarchische Struktur aufgebaut. Der gezielte Zugriff sowie die Auswertung erfordert eine präzisere Beschreibung der Dokumentbestandteile. Daher werden typspezifische semantische Komponenten als strukturgebende Elemente in die Dokumenthierarchie aufgenommen.

Die verschiedenen Inhaltsmodule eines Umweltberichts werden in der Regel zeitgleich von Mitarbeitern unterschiedlicher Abteilungen im Unternehmen erstellt und später zusammengefügt. Stoff- und Energiebilanzen können automatisch aus den gesammelten Umweltdaten generiert werden. Daher werden die einzelnen Berichtsteile als eigenständige Dokumente angesehen, die in das Strukturgerüst eingepasst oder dynamisch generiert werden können. Der Umweltbericht besteht demzufolge lediglich aus Metainformationen und Verweisen auf die Berichtsteile.

Umweltberichtsteile bestehen allgemein aus einer Überschrift und einer beliebigen Anzahl von Absätzen, Tabellen, Listen oder Bildern sowie Unterabschnitten. Einzelne Inhaltselemente sind darüber hinaus weiter unterteilt. Abbildung 1 veranschaulicht diesen Aufbau in einem Baumdiagramm.

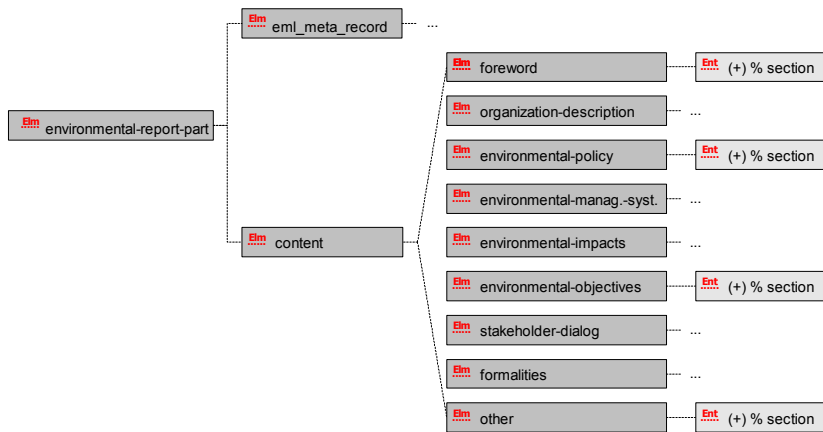


Abbildung 1
Hierarchische Struktur eines Umweltberichts

Der besseren Übersicht wegen werden in sich geschlossene Informationseinheiten in Form von Entitäten aggregiert, wie in Abbildung 2 veranschaulicht.

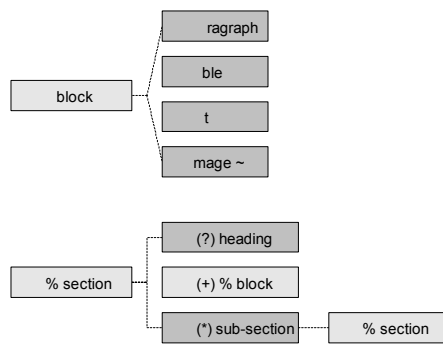


Abbildung 2
Aggregation von Elementtypen mittels Entitäten

Der Einbindung von Sachbilanzen und Bilanzbewertungen kommt eine besondere Rolle innerhalb des Umweltberichtsmodells zu, da sie nicht von Autoren erstellt, sondern automatisch generiert werden können. Die dafür notwendigen Elemente müssen so strukturiert sein, dass sich die im Unternehmen gesammelten umweltrelevanten Daten möglichst exakt abbilden lassen. Abbildung 3 zeigt die entwickelte Struktur für Sachbilanzen im Dokumentmodell.

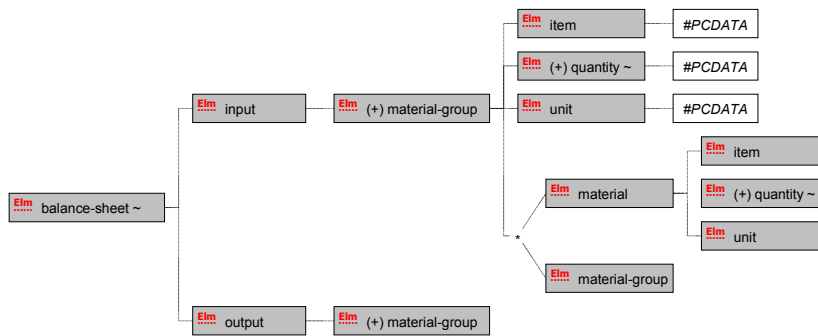


Abbildung 3
Struktur der Sachbilanz im Dokumentmodell

Nach der Modellierung der hierarchischen Dokumentstruktur werden die verbliebenen relevanten semantischen Komponenten dazu benutzt, die strukturtragenden Elemente zu verfeinern und zu konkretisieren.

Implementierung (Phase 5): Nach dem Modellentwurf sind die semantischen Komponenten, wenn auch teilweise nicht fest verankert, im Dokumentmodell berücksichtigt und können formalisiert mit XML-Sprachkonstrukten abgebildet werden. Die zur Modellierung verwendete Notation entspricht im Wesentlichen den verfügbaren XML-Konstrukten, wodurch die Implementierung erleichtert wird.

4. Automatische Generierung von Umweltberichten

Nachfolgend wird gezeigt, wie die Erstellung, Bearbeitung und Verwaltung strukturierter Inhalte für Umweltdokumente unterstützt werden kann. Der Schwerpunkt liegt hierbei in der automatischen Überführung von Ökobilanzdaten in eine XML-Form und der Integration in einen Umweltbericht. Die einheitlich strukturierten Inhalte bilden die Grundlage für die automatische Generierung von Umweltberichten zur Präsentation und Publikation.

4.1 Autorenunterstützung

Grundlage der systematischen Sammlung und Verwaltung der mit XML ausgezeichneten Dokumente und Dokumentbausteine bildet die Dokumentenbasis, auf der verschiedene Verwaltungsfunktionen aufsetzen, wie z. B. Zugangskontrolle, Protokollfunktionen, Datensicherung, Mehrbenutzerfähigkeit, Verwaltungsfunktionalität und Anfragefunktionen (Rothfuss/Ried 2001, 65).

Die Erstellung der Dokumente erfordert ein Editierwerkzeug, mit dem die Autoren ihre Texte erstellen, den Inhalt mit Markierungen entsprechend den Vorgaben des Dokumentmodells versehen und die strukturierten Dokumente im zentralen Datenpool abspeichern. Der Editor stellt Dokumentenvorlagen bereit, verfügt über eine Auswahl möglicher XML-Elemente, ermöglicht das Einfügen von Grafiken, gewährleistet die Überprüfung der XML-Inhalte entsprechend der verwendeten DTD, gestattet die Suche nach Dokumenten und Inhalten innerhalb der Dokumentenbasis und erlaubt eine Vorschau auf das Dokument (z. B. im HTML-Format). Ein solches System, das über die Dokumentverwaltung hinaus die Bearbeitung der Inhalte ermöglicht, wird als Content Management System (CMS) bezeichnet (Rothfuss/Ried 2001, 57).

Für den Erstellungsprozess von Umweltberichten bietet sich eine Steuerung der Bearbeitungsvorgänge mittels eines Workflow Management Systems (WMS) an, wodurch die Bearbeitung einzelner Inhaltsmodule erst nach kompletter Bearbeitung vorgelagerter Module freigegeben wird. So setzt beispielsweise die Kommentierung der Input- und Outputbilanz deren vollständige Existenz voraus, die Verfassung des Vorworts nimmt Bezug auf bestimmte Inhalte, und der gesamte Umweltbericht wird erst dann publiziert, wenn alle Inhaltsmodule vorhanden sind. Darüber hinaus überwacht das WMS die Einhaltung einzelner Termine zur Fertigstellung (z. B. die nächste Betriebsprüfung) und benachrichtigt ggf. den verantwortlichen Bearbeiter automatisch.

4.2 Integration von Ökobilanzdaten

Ein Umweltbericht beinhaltet eine systematische Darstellung und Bewertung der wesentlichen Stoff- und Energieströme im Unternehmen. Die hierfür erforderlichen Daten (z. B. einfließende Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie alle ausfließenden umweltrelevanten Schadstoffe und Abfälle) werden erfasst und liegen im Unternehmen vor. Die Aufgabe besteht darin, die relevanten Informationen aus den datenhaltenden Systemen zu extrahieren, aufzubereiten, zu strukturieren und in den Umweltbericht zu integrieren.

Ziel der Ökobilanzierung ist es hierbei, Schwachstellen und Umweltbelastungsschwerpunkte aufzuzeigen und Entscheidungs- und Handlungsempfehlungen daraus ableiten zu lassen. Eine Ökobilanz bietet von der Darstellung der Stoff- und Energieströme in Form einer Sachbilanz bis hin zur Bewertung der Umweltwirkungen eines Produktes oder Unternehmens durch die Bilanzbewertung alle für den Umweltbericht gewünschten Informationen. Mit Anwendungssystemen zur Ökobilanzierung, die einen externen Datenzugriff ermöglichen, können diese automatisch in die Dokumentstruktur des Umweltberichts überführt werden. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten (s. Abbildung 4):

- Extrahierte Sachbilanz- und Bilanzbewertungsdaten werden der DTD entsprechend strukturiert (1) und mit dem Umweltbericht bzw. berichtsteil abgespeichert.
- Im Umweltbericht bzw. -berichtsteil wird eine Anweisung (processing instruction) eingefügt (3). Diese fordert erst zum Zeitpunkt der Transformation des Dokuments in ein Ausgabeformat (Druck oder Internetseite) die Sachbilanz- und Bilanzbewertungsdaten an und fügt diese ein (4).

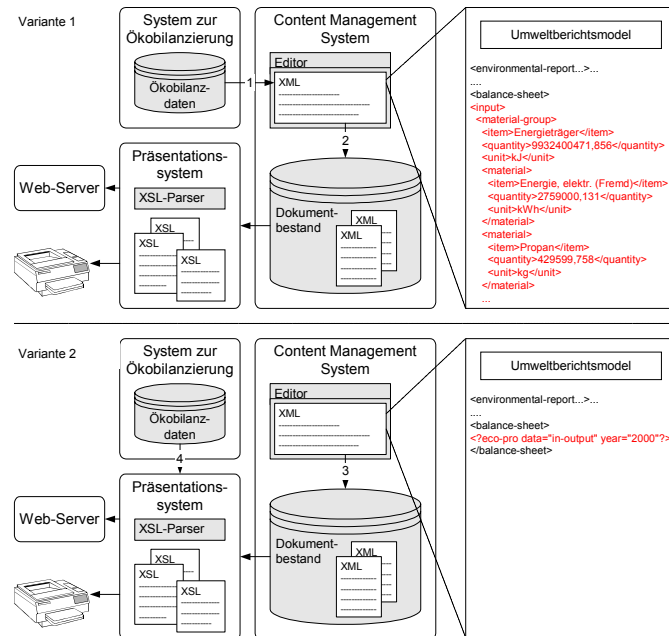


Abbildung 4
Integration von Ökobilanzdaten in den Umweltbericht

Ein Anwendungssystem zur Ökobilanzierung ist beispielsweise Umberto, das den Anwender bei der Erstellung von Ökobilanzen unterstützt. Unter Verwendung sogenannter COM/DCOM-Schnittstellen lassen sich andere Programme lokal, im Netzwerk oder internetbasiert mit Umberto verknüpfen. Umberto verfügt über eine Auswertungskomponente, die den leistungsfähigen Zugriff auf Stoffstromanalyse- daten (Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung) in anderen Systemen gestattet, aber auch verschiedene Systeme unter einer einheitlichen Benutzungsoberfläche oder für einen bestimmten Zweck zusammenzuführen kann. Umberto selbst tritt dabei nicht weiter in Erscheinung.

4.3 Informationsdarbietung

Umweltberichte auf der Basis von XML können mit Stylesheets für beliebige Medien aufbereitet und gemäß den Präferenzen der Zielgruppen zur Verfügung gestellt werden. Das hier vorgestellte System wird dazu um eine Präsentationskomponente erweitert. Diese besteht im Wesentlichen aus einem XSL-Parser sowie einem Datenspeicher für Stylesheets und hat Zugriff auf den Dokumentbestand. Wird ein Umweltbericht für ein bestimmtes Medium angefordert, prüft das System die Zugangsberechtigung und den Status des Dokuments, verknüpft die erforderlichen Teildokumente, liest die aktuellen Ökobilanzdaten ein und transformiert die XML-Daten in das gewünschte Ausgabeformat.

Neben der Ausgabe auf Papier oder CD-ROM bietet sich besonders die Präsentation der Umweltberichte im WWW an. Über die Anbindung eines Web-Servers an die Präsentationskomponente können, dem individuellen Informationsbedarf einzelner Anspruchsgruppen entsprechend, maßgeschneiderte Umweltberichte generiert und im Web-Browser veröffentlicht werden (Lenz et al. 2001, 64).

5. Zusammenfassung und Ausblick

Gegenstand dieses Beitrags war es, die Möglichkeit einer Automatisierung der Umweltberichterstattung von Unternehmen zu untersuchen. Der Fokus lag dabei auf der möglichst effizienten Erstellung und Verbreitung von Umweltberichten sowie der Einbeziehung von Umweltbilanzierungssystemen in die Berichterstattung.

Unter Anwendung eines von Schraml entwickelten Vorgehensmodells zum Dokumentenentwurf wurde eine DTD für Umweltberichte entwickelt. Mittels der vorgestellten Rechnerunterstützung und Automatisierung bei der Erstellung von Umweltberichten ist durch die DTD eine wichtige Voraussetzung geschaffen worden. Die DTD gibt an, welche Inhalte in einzelnen Strukturmustern im Umweltbericht vorhanden sein müssen und formuliert damit ein klares Arbeitsfundament für die Autoren. Die einzelnen Umweltberichtsteile können auf Gültigkeit überprüft und auf einfache Weise zu einem Gesamtdokument zusammengefügt werden. Die durch die DTD eindeutig vorgegebene Dokumentstruktur ermöglicht darüber hinaus, Anwendungssysteme zu programmieren, die gezielt auf Bestandteile innerhalb eines Dokuments zugreifen oder einzelne Elemente mit Inhalten füllen.

Da bereits mehrere DTD-Entwürfe für Umweltdokumente vorgestellt wurden, erscheint es sinnvoll, die jeweils gewonnenen Erkenntnisse auszutauschen und damit die Bemühungen um eine einheitliche Basis für die Beschreibung und den Austausch von Umweltdaten in Form einer EML zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

- Arndt, H-K., Freitag, U., Kazakos, W., Schwartz-Glaesker, S., Westbomke, J. (2001): Erster Entwurf einer Dokumenttypdefinition für die Kernelemente umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML), in: K. Tochtermann (Hrsg): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz, Marburg
- BImSchG (1991): Bundesimmissionsschutzgesetz
- Clausen, J., Fichter, K. (1995): Die Umwelterklärung – der Umweltbericht des EG-Öko-Audit-Gemeinschaftssystems, in: K. Fichter (Hrsg): Die EG-Öko-Verordnung, München
- Clausen, J., Fichter, K. (1996): Umweltbericht – Umwelterklärung. Praxis glaubwürdiger Kommunikation von Unternehmen, München
- DIN (1997): DIN 33922. Leitfaden – Umweltberichte für die Öffentlichkeit, Berlin
- EMAS (1993): Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 168: Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltprüfung, Luxemburg
- Faustmann, A., Lutze, V. (1999): Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
- Krüger, M. (2001): Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
- KrW-/AbfG (1994): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
- Lenz, C., Isenmann, R., Reitz, C. (2001): Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML, in: K. Tochtermann, K. (Hrsg): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. Marburg
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme, Berlin
- Rothfuss, G., Ried, C. (2001): Content Management mit XML: Grundlagen und Anwendungen, Berlin
- Schraml, T. (1997): Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen um Rahmen der Umweltkommunikation von Unternehmen. Dissertation, Technische Universität, Dresden
- StörfallVO (1991): Störfallverordnung
- Wilke, C. (2000): Analyse, Vergleich und Erweiterung von Kennzahlensystemen und Bewertungsmethoden zur Ökobilanzierung – Fallstudie eines Bierherstellungsprozesses. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML

Christian Lenz, Ralf Isenmann¹, Jorge Marx-Gómez, Mario Krüger²,
Hans-Knud Arndt³

Abstract

Discussions concerning companies' environmental aspects gained considerable importance and challenged business in recent years. Comprehensible and authentic as well as customised corporate environmental reporting requires substantial quantities of relevant information. In order to automate corporate environmental reporting, the presented approach focuses on structuring and standardising environmental documents using the eXtensible Markup Language (XML). In a more detailed fashion, the contribution is dealing with the harmonisation of three current XML-based document type definitions (DTDs) proposed for internet-based corporate environmental reporting. From an academics' point of view, this harmonisation is thought to be a considerable effort: firstly, for contributing to the discussion of standardising corporate environmental reporting taken as a whole, and secondly, for stimulating the processes towards shaping an Environmental Markup Language (EML). From a practitioners' perspective, such a standardised XML-based DTD contributes to employ Internet technologies and Internet services productively for corporate environmental reporting. Reporting companies and their target groups are enabled to exploit the huge opportunities and media-specific technical benefits efficiently. The paper is structured in four parts: The first part deals with the design process used to develop each DTD. In the second part, the three DTDs are presented in a more detailed fashion. Based on this, the third part refers to the process of harmonisation of the proposed DTDs. The paper ends with a conclusion.

Keywords

Automation, Customisation, Document Type Definition, Environmental Markup Language, eXtensible Markup Language, Harmonisation, Internet, Standardisation

¹ University Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Str., P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: {lenz|isenmann}@bior.de, Internet: <http://www.bior.de>

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

³ Humboldt University of Berlin, School of Business and Economics, Institute of Information Systems, Spandauer Str.1, 10178 Berlin, Germany, email: arndt@wiwi.hu-berlin.de, Internet: <http://www.wiwi.hu-berlin.de/iwi/>

1 Design Process

All three proposed DTDs were prepared autonomously and published more or less simultaneously. Due to the independent preparation from each other, at first glance, one may expect that analysing the DTDs in a more detailed fashion would show a rather different result. However, on top level all three DTDs appear almost similar, and even in more detail, the first two are looking quite similar to one another. Moreover, the really strong similarity has its basis in the same methodology used, on which the DTDs rest. This methodology represents a sophisticated and comprehensive procedure for designing DTDs divided in four stages (Schraml 1997, 122):

- Definition of the main target (stage 1): What are the primary purposes the documents mainly serve and what kind of requirements have to be taken into account.
- Identification of possible semantic components (stage 2): According to the defined target, several resources have to be analysed for identifying the pool of all possible semantic components (PSCs) the DTD should contain.
- Selection of relevant semantic components (stage 3): Of the pool of PSCs, a catalogue of actually relevant semantic and logical ones have to be derived by a sophisticated procedure.
- Design of the document type model (stage 4): On the basis of the catalogue of relevant semantic components (RSCs), a document type model has to be designed. Therefore, all selected components were organised in an XML-typical hierarchy. Depending on the defined target, either structure or contents orientation or a combination can be used. Finally, the document type model has to be implemented, i.e. noted according to XML and transformed in a DTD.

2 Description of the Three Proposed DTDs

The first DTD was developed by the Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Chair: Prof. Dr. Heiner Müller-Merbach, University Kaiserslautern. The second DTD was presented by the Institute for Technical and Business Information Systems, Chair: Prof. Dr. Claus Rautenstrauch, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. The third DTD was proposed by the Institute of Information Systems, Chair: Prof. Oliver Günther, Humboldt University of Berlin.

2.1 DTD from University Kaiserslautern

The target was to develop an integrated DTD for XML-based corporate environmental reports (CERs), suitable for sophisticated customisation. Consequently, requirements of relevant regulations, standards, and guidelines and other academic proposals had to be taken into account. The DTD should be comprehensive, integrated, and flexible in order to serve as a generally accepted framework. As such,

the DTD should stimulate the process of international standardisation, and provide helpful guidance for companies moving towards integrated, internet-based, and customised corporate environmental reporting.

According to the defined target, several resources were analysed for identifying the pool of all PSCs (stage 2). Firstly, relevant regulations and standards (e.g. EMAS II, EN ISO 14031, DIN 33922) as well as common guidelines (e.g. future/IÖW, UNEP) were examined. Thereby, regulations with standard legal basis, other standards, and crucially important guidelines are considered as restrictions. Secondly, in order to take the requirements of target groups explicitly into account, several analyses concerning their preferences in form and contents were included. Especially professional users like investors, funds managers, and financial analysts are going to utilise CERs for decision making processes. According to this general converging trend for integrated reporting, economic and environmental performance need to be disclosed simultaneously. Thirdly, already published realisations of CERs in print media and available on the WWW (Isenmann/Lenz/Müller-Merbach 2001) were considered to guarantee continuousness in reporting practice. Additionally to semantic components, also typical logical components like heading, paragraph, abstract, chart etc. were derived from already published realisations of CERs.

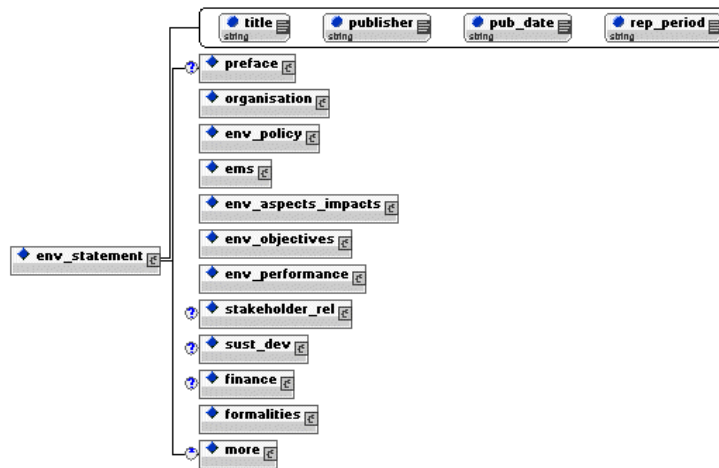


Fig. 1: Top level of Kaiserslautern-DTD (Lenz/Isenmann/Reitz 2001, 63)

Of the pool of possible components, a catalogue of actually relevant semantic and logical ones were derived by a sophisticated procedure (stage 3). Restrictions, target groups' requirements, and document instances were verified for consistency, redundancy, or rejection according to measured relevance. The result was a total of 119 RSCs. Every component was specified whether it must be (required) or might be

(optional) integrated into the CER. In addition to semantic components, the relevant logical components were extracted from published document instances.

On the basis of the catalogue of relevant semantic and logical components, a document type model was designed (stage 4). For that reason, all selected components were organised by an XML-typical hierarchy. In order to exploit the potential of XML-specific benefits, a combination of pure structure orientation and contents orientation was preferred. Subsequently, the document type model was noted in accordance with XML requirements and implemented by an XML-based DTD. The element structure was constructed according to the top-down-principle. First of all, the root element „env_statement“ and the containing elements were defined (fig. 1). Following, step-by-step the child elements and their attributes were defined. CERs prepared in line with this proposed DTD are comparable and can be benchmarked more objectively by machine processing. As a result, such a DTD improves corporate environmental reporting for companies as well as for target groups and other stakeholders involved in the field of corporate environmental reporting.

2.2 DTD from Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

The main goal was to develop a DTD, on which the company Hasseröder Brewery Ltd. can base its environmental reports. Furthermore, designing environmental reports in compliance with fundamental guidelines, relevant regulations and standards should be as flexible as possible. Document instances adapted from this DTD should be reusable as well as generated and processed automatically. Especially for the integration of material and energy balances, impact balances and balance evaluation within the environmental report, adequate semantic components have to be provided. Normally environmental reports will be created in a partial manner by several employees working in different sections or departments rather than by an individual person. Conclusively the different report sections will be composed to an overall report. When designing the DTD, this circumstance has been taken into account.

General conditions for the document model resulted from requirements stated in the EMAS regulations and DIN 33922. Besides, there exist further guidelines from national and international organisations, or branch associations. Extracting standard regulations for structure and content components leads to initial PSCs for the document model. Conducting cross-branch document analyses of environmental reports, considering a core of convergent information needs of important target groups and the described purpose determines further PSCs, such as:

- semantic components for the presentation of material and impact balance, and balance evaluation,
- technical terms and their definitions, whereby environmental reports become clearer and easier to understand,

- time-related words or set of words, e.g. “in the last period” or “in 2000”,
- specific concepts that have to be emphasised in particular,
- meta data containing information about classification and management of documents and their contents.

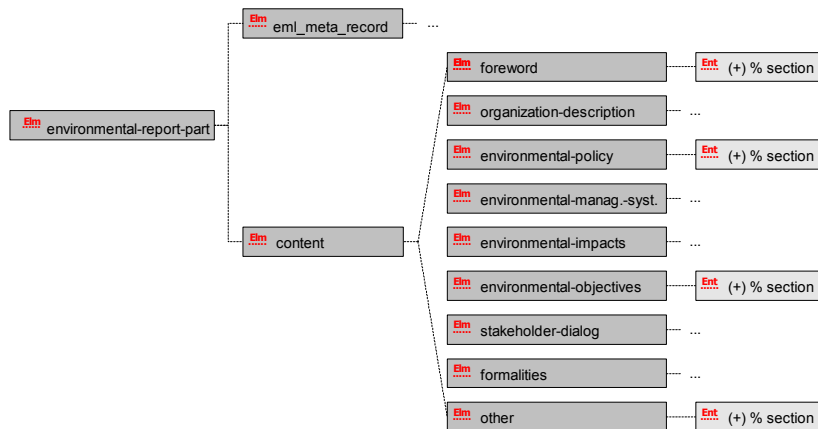


Fig. 2: Top level of Magdeburg-DTD

Those PSCs have been chosen which are required due to their frequency in real documents, due to convergent information demands as well as guide lines for the document model. Remaining PSCs are to be weighed according to their factor allocations and those components exceeding predefined weighting factors have been added to the model. The resulting set of relevant semantic components (RSC) represented the framework for the developed document model (Krüger 2001, 84). Integration of meta data into the environmental report model is based on results of the work group „Environmental Markup Language“ (EML). The suggested set of core EML meta data elements is capable of collecting classification and management information for environmental reports (Arndt et al. 2001, 135). The document type model shows a hierarchical structure in order to allow direct access to document elements and their efficient evaluation. Therefore, type-specific semantic components from the set of RSCs were added to the document hierarchy as structure-supporting elements. Thus, an environmental report based on this document type model simply consists of meta information and links to particular report parts. Each environmental report part represents a special content as shown in fig. 2 and generally consists of a heading and a various number of paragraphs, tables, lists, figures, or sub-segments. The remaining semantic components are used to further concretise the structure elements.

Within the environmental report model the integration of material balances and balance evaluations plays a prominent role, because they are not produced by an author, but are able to be generated automatically. Therefore necessary elements

have been structured in a way that environment-relevant data collected by the company can be represented as accurate as possible. It will be distinguished between input and output balances. Based on that fact materials and energies can be allocated to individual material categories. Finally the document type model forms the basis for the implementation of the DTD in XML.

2.3 DTD from Humboldt University of Berlin

Instead of using a single document for the whole environmental report, we split the environmental report into components by using XML entities, which might be distributed over a network. According to DIN 33922, an environmental report for the public shall include at least the following semantic components (DIN 33922, 1997):

- Basic Information Block: the basic information block consists of:
 - a description of the organisation's activities,
 - a presentation of the organisation's environmental policy and program,
 - a description of the organisation's environmental management system;
- Presentation of Significant Environmental Figures;
- Assessment of all Significant Environmental Issues;
- Declaration of Formal Requirements.

```
<!DOCTYPE environmental_report
[<!ENTITY foreword SYSTEM
    "http://www.hu-berlin.de/notes/vorwort.eml">
<!ENTITY organizationalActivities SYSTEM
    "http://www.hu-berlin.de/notes/taetigkeit.eml">
<!ENTITY environmentalPolicy SYSTEM
    "http://www.hu-berlin.de/notes/politik_v10.eml">
...
<environmentalReport>
  &foreword;
  &organizationalActivities;
  &environmentalPolicy;
  &environmentalObjectives;
  &environmentalManagementProgram;
  &environmentalManagementSystem;
  &environmentalAspects;
  &environmentalImpacts;
  &environmentalPerformanceEvaluation;
  &otherFactorsRegardingEnvironmentalPerformance;
  &formalStatements;
</environmentalReport>
```

Fig. 3: Integration of semantic components into one environmental report

Based on this four basic semantic components on the highest level an environmental report comprises of eleven semantic components (fig. 3). By declaring each semantic component to be an XML entity, we address the requirement for the support of a component-based approach of environmental reporting. This approach allows each

person to work on his part of the report independently and later merge their components into the final joint document. This approach requires a new DTD whenever the reference to a component changes. Therefore, and particularly because entities can only be declared in the DTD, new environmental reports, which necessarily contain references to new components, must always refer to new DTDs. We propagate the use of so called “internal DTDs” which are embedded in an EML document. DTDs are then a physical part of the EML-document, they do not have to be stored in a separate file (Arndt/Christ/Günther 2001, 351).

Using entities that constitute an environmental report solves the problem of dealing with multiple copies of one environmental report, thereby omitting redundancies. Whenever one component changes, a new XML document can be created that contains the new link or entity reference. For example, if the old chapter “politik_v10.eml” is outdated and replaced by “politik_v11.eml”, a new document containing “politik_v11.eml” as an entity reference can be created. The new EML document can either be stored using a different name or can be supervised by a version control mechanism.

3 Harmonisation of the Three Proposed DTDs

As the development of the three DTDs, also the process of harmonisation might be realised according to the design process of Schraml (1997). Firstly, the elements from the DTDs will be conflated. The result is a new multitude of PSCs for environmental reports. Of this pool the RSCs have to be identified. The following rules for adopting components may be applied:

- Components that are included in all three DTDs,
- components that are include in only a subset of the three DTDs but are required either by standards and regulations, users or because of the frequency in already published realisations of CERs,
- other components that seem relevant for CERs may also be under consideration.

```
<!ELEMENT envStatement (foreword, organisation, envPolicy,  
envManSystem, envAspectsImpacts, envObjectives,  
envPerformance, stakeholderDialog, sustDevelopment,  
financialAspects, formalities, other)>
```

Fig. 4: Proposal for a harmonised DTD for corporate environmental reporting

After having identified the RSCs, a new document model can be developed by defining and refining a hierarchic structure. At this, a decision has to be made if the result should be a rather generalised DTD like from HU Berlin or a more detailed and sophisticated approach like those from Kaiserslautern or Magdeburg, providing

a substantial orientation. As a first step, the three DTDs will be harmonised on top level as shown in fig. 4. Finally, the resulting DTD will be enriched by meta data according to the Environmental Markup Language (EML) Initiative.

4 Conclusion

Reporting companies are confronted with the challenge to rationalise their environmental reporting processes. Further, they are forced to meet different information needs and preferences of target groups addressed (Isenmann/Lenz 2002). An XML-based DTD offers an impressive battery of benefits, firstly for efficient preparation and comfortable administration, and secondly for customised distribution and smart presentation of integrated CERs. On the basis of a standardised XML-based DTD, reporting companies are enabled to provide an integrated and customised corporate environmental reporting system, prepared by machine processing and generated in an efficient and automated manner. The standardisation will furthermore support transparency of and confidence in CER substantially.

References

- Arndt, H.-K. et al.: Erster Entwurf einer Dokumenttyp-Definition für die Kernelemente umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML). In: Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltbereich, ed. by K. Tochtermann; W.-F. Riekert. Marburg 2001, pp. 135-142.
- Arndt, H.-K.; Christ, M.; Günther, O.: Environmental Reporting in the Public Interest. In: Environmental Information Systems in Industry and Public Administration, ed. by C. Rautenstrauch; S. Patig. London 2001, pp. 347-354.
- Deutsches Institut für Normung e.V. DIN (Hrsg.): DIN 33922 Umweltberichte für die Öffentlichkeit, Berlin, Wien, Zürich 1997.
- Isenmann, R.; Lenz, C.; Müller-Merbach, H.: Betriebliche Umweltberichterstattung im Internet. Der aktuelle Stand für Deutschland. In: Praxis der Wirtschaftsinformatik, vol. 38, 2001, no. 218, pp. 97-107.
- Isenmann, R.; Lenz, C.: Internet Use for Corporate Environmental Reporting. Current Challenges - Technical Benefits - Practical Guidance. In: Business Strategy and the Environment, vol. 11, 2002, issue 3, pp. 181-202.
- Lenz, C.; Isenmann, R.; Reitz, C.: Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML. In: Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltbereich, ed. by K. Tochtermann; W.-F. Riekert. Marburg 2001, pp. 57-69.
- Krüger, M.: Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2001.
- Schraml, T.: Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements - Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen im Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen. Dissertation, TU Dresden, 1997.

AUTOMATED GENERATION OF ENVIRONMENTAL REPORTS – A CASE STUDY –

Jorge Marx Gómez

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Faculty of Computer Science
P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg
gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

A variety of documents generated within the scope of environmental reporting are based on similar and partly overlapping information. However, in the majority of cases information collected for a particular environmental document can not be reused for other objectives and if then only with huge additional work input. Included data needs to be updated on a regular basis, e.g. according to the report period. Therefore, computer aided and automated reporting would make good sense. This paper introduces an approach of partly automated environmental reporting. The focus thereby lies on the automated conversion of environmental assessment data to XML format and the proper integration in environmental reports, which will be shown with the software tool Umberto.

1 Introduction

These days environmental documents - environmental statements and reports in particular - are usually produced in multi level, more or less structured processes with participation of several authors and on the basis of various, heterogeneously structured data sources. Defining document structures, the formalization of environmental reports can possibly help to systemize the work process. If all relevant data exist in a structured form, essential environmental reports can simply be generated by transforming their basic structures into target structures of information carriers desired (see Schraml (1997), p. 208f). That way, for example, diverse ecopolitical company guidelines can be integrated in environmental reports using identifying labels. Following it will be shown how creating, processing, and management of structured contents for environmental documents can be facilitated. The main focus lies on automated conversion of environmental assessment data to XML format and integration in environmental reports. The software tool Umberto will be used to illustrate the approach. As a result, integrative and structured content builds the foundation of automated generation of environmental reports for presentation and publication.

2 Document Management

Basis of systematic collection and management of XML documents and document components is a central (logical) document base. In the figurative sense the document base simply is a data storage including functions such as [read entry], [write entry], [modify entry], and [delete entry].

2.1 Document Base

A simple document base can be realized with the help of files within a file system. In that case, access control is guaranteed through file system rights. Indeed, for a long time there exists a specific kind of software providing essential document base functions, namely Data Base Management Systems (DBMS). A modern DBMS is able to store all kinds of objects to databases, including pictures and videos. A possible solution is represented by so called hybrid forms, which combine a database and file system based external data. Furthermore, the database observes external files, which contain contents that are either too large or too complex, or to which a DBMS can contribute only little. All structure and management information is located within the DBMS, because only that way required additional functions can be implemented at a reasonable work input (see Rothfuss/Ried (2001), p. 65f).

2.2 Management Functions

Management of the document base essentially contains access control, protocol functions, data storage, multi-user capability, management tools, queries, and mass operations as illustrated in figure 1.

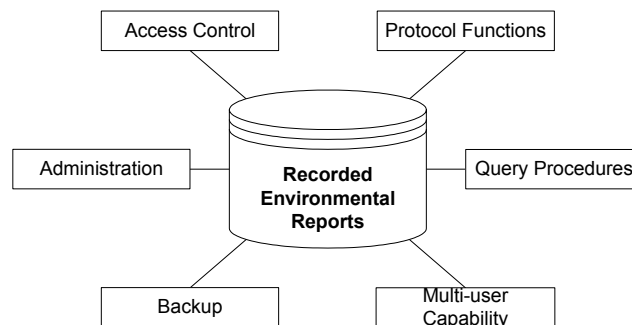


Figure 1: Document Management Functions.

The mentioned functions, the so called Document Management functions, are supported by Document Management Systems (DMS).

- Access control: Access checks are of special importance in multi-user environments. They are based on a user management rights and roles. Each user needs to log on to the system, and depending on granted rights all or only certain interactions are available.
- Protocol functions: Protocol functions record modifications in the document base, e.g. whether, when and by whom a document was changed or added. Knowledge produced by protocol functions can be used for protection from unwanted document changes.
- Data storage: Effective storage strategies can be implemented much easier if relevant contents are capable of logical, self-contained management and if they are concentrated at only few physical locations. Furthermore, data based Document Management Systems can easily be saved by the use of database replication on DBMS level.
- Multi-user capability: In order to avoid document conflicts during multi-user sessions, appropriate precautions need to be taken. As soon as the user is in editing mode, the document in use needs to be locked for other users. Due to the fact that DBMS's are multi-user capable and include vital functions, a data based DMS can provide above-mentioned quality.
- Queries: The more complex the managed amount of data, the more useful are query functions. A single document usually has a determined location within a hierarchy. In general, it is found by navigation through that hierarchy. If, however, only one quality is of specific interest, e.g. all documents with missed deadlines, or documents including ecopolitical means, a system query needs to be generated which requests all information desired.
- Mass operations: Mass operations are essential if, for instance, an entire publication needs to be deleted or if all documents assigned to one colleague needs to be transferred to another one (see Rothfuss/Ried (2001), p. 73f).

3 Generation of Environmental Report Parts

In order to generate single parts of environmental reports, XML documents based on a Document Type Definition (DTD) are prepared (see Lenz et. al. (2002)). Each document represents one part of the report. Environmental reports can either be produced manually or automatically. Report parts build the basis of the entire environmental report.

3.1 Manual Generation of XML Documents

The generation of documents requires an adequate editor. Authors are able to create documents, label passages in the text according to document model guidelines, and

store so structured documents to a central data pool. A system that beyond document management facilitates the option to edit contents is consistently referred to as Content Management System (CMS). This editor can either be an external application or an internal editor within the overall system. Specifically for the generation of XML documents there are very powerful editors available. Indeed, external editors need appropriate interfaces and need to be remotely used through their program interfaces in order to read resp. save documents and perform a search in the document base. Another possibility would be to implement a personal editor. Besides editing functions, this editor also performs important operations such as access control, multi-user capability, and queries. In order to adequately support the authors, editors need to be capable of the following:

- Provide document templates that already include obligatory elements according to DTD guidelines
- Annotation of contents with meta data
- Set of XML elements
- Insertion of external graphics, pictures, videos, etc.
- Link insertion to other documents resp. parts of documents in document base
- Highlight XML elements and differentiate from content (syntax highlighting)
- Check XML contents for shapeliness and validity according to DTD in use
- Search for documents and contents within the document base
- Preview documents, e.g. by the use of transformation into HTML

The authors' environment of CATCH-II (see Rösner et. al. (2001), p. 62f.) is an example for such an application system. The software tool CEdit supports the publisher of health-related documents to create medical texts, specify their content by the use of meta data, and to introduce both structured mark-up and semantic typecast. For the process of generation of environmental reports workflows can be an adequate means to control the work process. A workflow denotes a part of a business process that consists of sequential and parallel activities. Therefore, it describes partial processes within the workflow management of a company. Workflow Management Systems (WMS) build the foundation for workflow-oriented application systems. They include functions for following tasks:

- Workflow modelling
- Application system process management and supervision
- History logs, with which processes can be reproduced and mistakes detected (see Rautenstrauch (1997), p. 129f)

From a technical point of view all objects included in workflows represent different states. Interaction between those objects can cause a change in status, which again can trigger secondary processes (see Rothfuss/Ried (2001), p.84).

Unlocking specific content modules not before previous modules are completely processed. Workflow Management Systems can manage the process of generating environmental reports. That way, for instance, the commendation of an input-output balance sheet requires its complete existence, the preface refers to particular contents, and the entire environmental report is not being published before every content module is written. In addition, the WMS considers completion deadlines, e.g. the next company audit, and, if necessary, informs the person in charge.

3.2 Automated Generation of XML Documents

Essential to all environmental reports is a systematic representation and evaluation of substantial material and energy flows within a company. Necessary data, e.g. raw material and supply flows into the company as well as environmentally relevant pollutants and wastes out of the company, is collected using various methods and, thus, are more or less structured. Now the task is to extract relevant information from the data storage, process and restructure it, and finally integrate it in environmental reports. If required data is only available in the form of lists, great costs need to be invested in its manual evaluation and conversion to appropriate report structures. Ideally, in the company specific software systems for eco-balancing are already in existence. Eco- and environmental balancing is the generic term for balancing and evaluating consideration of ecologically relevant systems, which can be a product, a production process, or an entire company. The overall goal is to state main problems of environmental pollution, point out any weak spots, and recommend decisions and actions. Substantial components of eco-balances are:

- Objectives and general framework
- Property balance (material and energy balance)
- Effect evaluation (Estimation of environmental impact)
- Balance evaluation

Property balances exclusively represent material and energy flows at scientific and technical level, including emissions as input and output factors. They provide necessary information for effect and balance evaluations. Basic elements of a property balance are modelling of the process structure, collecting data, merging process structure and data, and calculating input-output flows. Following effect evaluations consider environmental relevance of material and energy flows and other factors. In relation to possible impacts in the range of serious environmental problems, collected data is analyzed and evaluated. Here, scientific proof for facts such as global warming, toxicological effects of specific substances, and the contribution of materials to acid rain are added to the balance. For that purpose effect categories and useful indicators are formed. Balance evaluations weight different effect categories to each other. Normally, strong political and social values defining which environmental problems are considered urgent have a lasting effect on eco-balances (see Faustmann/Lutze (1999), p. 9f; Wilke (2000), p. 22f). An eco-balance, therefore,

provides all information necessary for environmental reports, from representation of material and energy flows in the form of a property balance to evaluation of environmental effects of products or companies. If eco-balance application systems facilitate external access to required data, information can be converted to the report's document structure automatically and, thus, they become more efficient. Thereby, two alternatives arise (see figure 2):

- Option 1: Property balance and balance evaluation data are extracted, structured according to DTD (1) and stored together with the environmental report resp. parts of the report (2).
- Option 2: A statement is added to the environmental report resp. parts of the report (3), according to which property balance and balance evaluation data is requested and inserted (4) at the exact time of transformation to the output format (print or Internet page). The benefit is that always up to date information can be imported to the environmental report, even after eco-balance data has been changed.

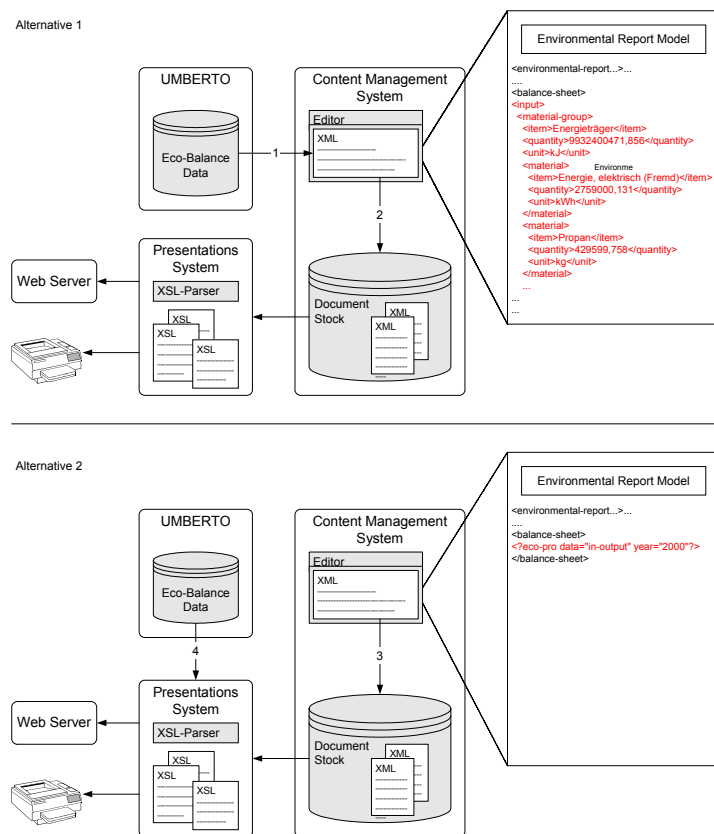


Figure 2: Integration of eco-balance data to environmental reports.

Umberto is an example for an eco-balance application system. It was developed in cooperation between Institut für Umweltinformatik (ifu) Hamburg GmbH and Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) Heidelberg GmbH. As a case study, Hasseröder Brewery eco-balance was generated using the software tool Umberto. For this reason following the software will be introduced, before significant interfaces are addressed in detail and the usage of Umberto for automated generation of environmental reports is specified.

4 Software Tool Umberto

The software tool Umberto assists the user in the process of generation of eco-balances. It is applicable independent from eco-balance methodologies in use and does not assign a particular approach. Umberto is based on the concept of material flow networks. Relevant relations correlations within an examined system, e.g. a production scenario, are modelled as a network of interconnected transitions (transformation processes) and stacks (material and energy repositories). Materials and energy of different type and quantity flow along established interconnections between network elements. All material and energy forms are summarized in a material list. Thus, material names can be used consistently and property balance sheets can be compared to each other. The component responsible for property balance output provides various display functions. For selected materials, therewith, numerous standard diagrams (pie charts, bar charts, etc.) can comfortably be produced and exported to other applications.

Beyond graphical analysis of eco-balances, Umberto is capable of evaluation with the use of performance measurement systems. Due to the fact that the design of effect analysis and evaluation components is open and flexible, the user is not bound to one methodology in particular. Besides those measurement systems already included in the program, with the component „Valuation System Editor“ (VSE) further evaluation schemes can be created. Thus, measurement systems following individual needs become possible (see Wilke (2000), p. 149f).

4.1 COM/DCOM Interfaces

Umberto, in addition, provides COM and DCOM interfaces. COM stands for Component Object Model and is Microsoft's basic technology for the development of component-based software. Instead of designing an application as one monolithic block, it can be composed from several components. Components represent their functionality in the form of interfaces. Distributed COM (DCOM) furthermore allows the distribution of components to various network computers. For remote users, the application appears transparent. A COM/DCOM runtime repository guarantees that requests and parameters are securely sent to the target computer and that results find their way back (see Microsoft (2000); Rosendahl (2001)).

Using COM/DCOM technology, Umberto can link other programs locally, over a network, or via Internet (see figure 3). This enables both customized and time resp. cost effective usage of the Umberto software tool including:

- Personalized import options - once installed updates are simple
- Customized input and output masks - each user can view relevant data only
- High automation degree of acquisition of operational data - no multiple data collection
- Generation of material flow models - saves time

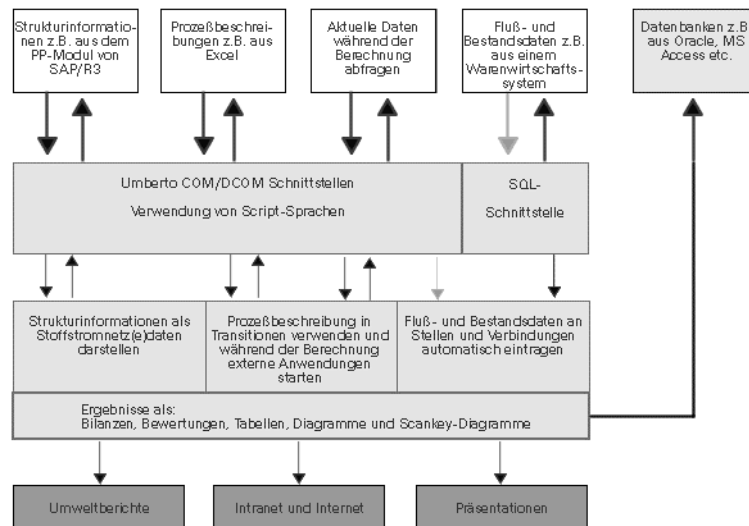


Figure 3: COM/DCOM interfaces in Umberto.

Double input can be avoided due to Umberto's open conception that facilitates a link-up to operational standard software. From a diversity of SAP R/3 modules, for instance, all relevant information can be read out and integrated in the material flow model. If reasonable, data transfer would be possible in opposite direction as well. With Umberto optimized system structures can easily be written back to external applications and therefore kept up to date (see ifu (2001)).

4.2 Using Umberto's Evaluation Component

Since version 4, Umberto provides an evaluation component in the form of a DCOM interface. It allows both performant access to material flow data in other systems and combination of diverse systems at one consistent user interface or for one specific purpose. Access to required eco-balance data for conversion to XML is gained

through the evaluation component. Umberto itself appears to be idle. However, material flow networks are still modelled using the software tool. The flow chart in figure 4 shows the process of reading the input side of a property balance out of Umberto's database. Rectangles indicate functions resp. blocks of functions, rhombuses depict branching points. Parallelograms clarify input and output operations, ovals point out start or end of a program or function.

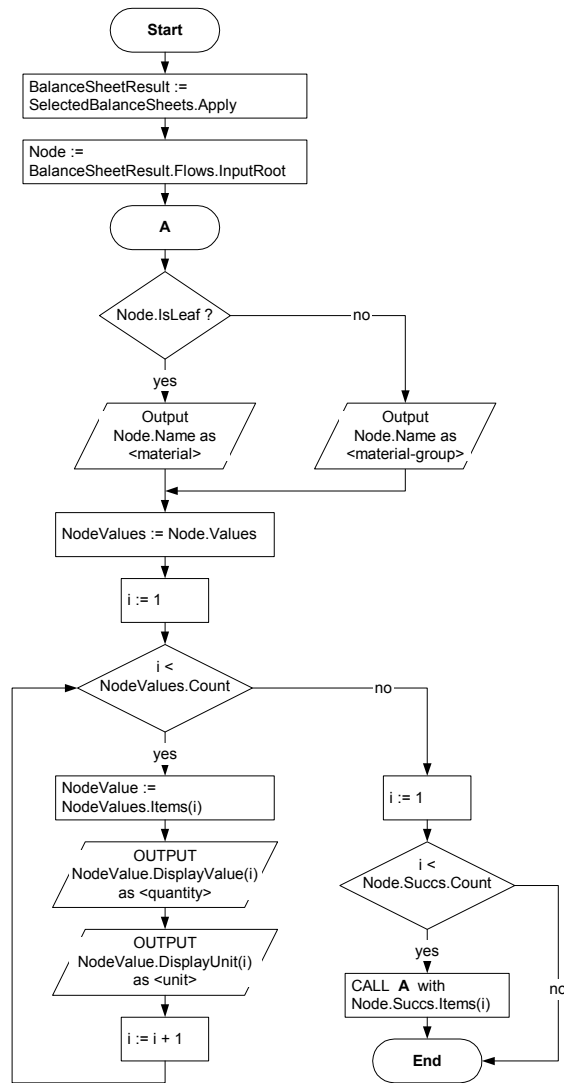


Figure 4: Program flow chart for the readout of eco-balance data.

First of all, the net result for the selected property balance needs to be calculated. Necessary data is available in a hierarchical tree structure, so that beginning at the

root element all branches need to be processed. Thereby, nodes within the tree symbolize material classes, whereas leaves illustrate single materials. If an entry represents a material, it will be displayed according to customized formats. The output of material classes is analogous. Subsequently, disposable quantities and units related to this entry are displayed. For material classes it might be the case that secondary classes or materials exist within. If so, the algorithm is applied to those entries as well. Umberto's evaluation component requires a Windows® computer with Borland Database Engine (BDE) and Umberto base drivers either installed on the same PC or running via the TCP-IP network on another machine. The evaluation tool needs to be registered in the system.

5 Generating and Presenting the Overall Report

Using appropriate XSL style sheets, environmental reports based on XML can be processed for any media and made available according to target group preferences. Thus, a presentation component can be added to the system. This basically consists of a XML parser and a style sheet repository. If an environmental report is requested for a specific media, the system checks access authorization and document status, combines necessary document parts, reads up-to-date eco-balance data, and transforms XML data into desired output formats. Besides paper or CD-ROM output, presentation of environmental reports in the World Wide Web is of significant importance. With a connection to a web server, the presentation component can generate customized environmental reports and view them in a web browser following individual information needs (see Lenz et al. (2001), p. 64f).

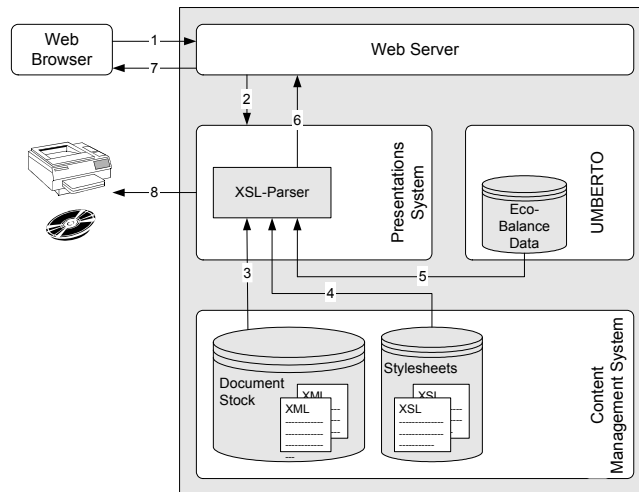


Figure 5: Presentation of environmental reports.

Figure 5 shows the ideal process of individual requests for environmental reports. Initial generation is triggered by a user query including specific information demands and preferences (1). For evaluations, the web server forwards the user request to the presentation system (2). The presentation component calls the XML document (3) and the XSL style sheet (4) in accordance with transmitted parameters. In addition, necessary eco-balance data need to be read and processed (5). The XML parser applies style sheet instructions to the XML document and generates the environmental report. The output is sent to the web server (6) and finally presented to the user (7). Alternatively, reports can be generated in electronic or paper form and sent to the user by mail (8).

6 Summary and Outlook

The objective of the presented paper was to introduce the possibility of automated generation of environmental reports on a corporate level. The focus was put on efficient creation and publication of environmental reports as well as automatic integration of eco-balance application systems. The described approach has been used for a case study, whose main focus lay on content design, automated processing, and integration of eco-balance data in environmental reports. Coping with a diversity of addressees and target groups, automated processing of environmental reports seems reasonable and offers full utility potential. Benefits basically arise from structuring and marking document elements, which moreover facilitates future content reuse and adjustment. Based on the common definition of Content Management Systems, integration of eco-balances in environmental reports could be shown with the Umberto software tool. For target group-oriented presentation and publication of environmental reports, the author recommended the integration of a web server in CMS environments.

References

- Faustmann, A.; Lutze, V. (1999): Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg.
- Lenz, C.; Isenmann, R.; Reitz, C. (2001): Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML. In: Tochtermann, K.; Riekert, W.-F. (Hrsg.): Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. Marburg, S. 57-69.

Lenz, C.; Isenmann, R.; Marx Gómez, J.; Krüger, M., Arndt, H.-K. (2002): Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML. In: Pillmann, W. (ed.): Proceedings of 16th International Symposium on Environmental Informatics – Environmental Communication in the Information Society, Vienna.

Rautenstrauch, C. (1997): Effiziente Gestaltung von Arbeitsplatzsystemen: Konzepte und Methoden des Persönlichen Informationsmanagements. Bonn.

Rösner, D.; Dürer, U.; Krüger, M.; Neils, S. (2001): XML-basierte Autorenunterstützung: Erstellung und Management von multilingualen Informationsressourcen. In: Turowski, K.; Fellner, K. J. (Hrsg.): XML in der betrieblichen Praxis. Heidelberg, S. 55-66.

Rothfuss, G.; Ried, Ch. (Hrsg.) (2001): Content Management mit XML: Grundlagen und Anwendungen. Berlin u. a.

Schraml, T. (1997): Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen im Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen. Dissertation, Technische Universität. Dresden.

Wilke, C. (2000): Analyse, Vergleich und Erweiterung von Kennzahlensystemen und Bewertungsmethoden zur Ökobilanzierung – Fallstudie eines Bierherstellungsprozesses. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg.

ifu (2001): Umberto - Schnittstellen. <http://www.umberto.de/praxis/schnittstellen/>. 05.06.2001.

Microsoft (2000): Microsoft COM Technologies - Information and Resources for Component Object Model-based technologies. <http://www.microsoft.com/com/>. 18.06.2001.

Rosendahl, M. (2001): Component Object Model. <http://www.uni-koblenz.de/~ros/com/com.htm>. 16.06.2001.

Automated Generation of Environmental Reports with Umberto

Jorge Marx Gomez¹

Mario Amelung²

Abstract

In environmental reports contained environmental data must be updated and edited regularly (e.g. according to the reporting period). An important part of each environmental report is a systematic representation and evaluation of the substantial material and energy flows in an enterprise. In an ideal case specialized software systems exist for eco-balancing, which makes external access to its data possible. These data can be transferred automatically and thus rationally into the document structure of an environmental report. In this article a basic approach is introduced for automatic transfer of ecological balance data into a XML form and the integration into an environmental report using the software tool Umberto.

Keywords

Environmental report, eco-balance, automated generation, Umberto, XML, XSL, style sheets

1 Introduction

An important component of each environmental report is a systematic representation and evaluation of the substantial material and energy flows within an enterprise. For this, necessary data (e.g. all influent raw materials and supplies, as well as all effluent environmental relevant harmful substances and wastes) are collected on most diverse ways and are available differently strongly structured in the enterprise. In the best case software solutions exist for eco-balancing, which make a balancing and judging view of an environmental relevant system possible. Such an application system is Umberto (see ifu (2003)), a software tool developed in co-operation between the institute for environmental informatics (ifu), Hamburg and the institute for energy and environmental science (ifeu), Heidelberg. Now the task is to show, how to extract, to edit and to structure relevant environmental data and information

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

² Technical University Clausthal, Institute of Computer Science, Julius-Albert-Str. 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany, email: amelung@in.tu-clausthal.de

as well as how to integrate them into an environmental report on the example of Umberto.

For efficient handling of environmental documents XML technology offers an outstanding initial position. Basis of structured environmental reports is a document type definition (DTD) for environmental reports developed by the authors (see Marx Gómez et al. (2001) and Isenmann et al. (2003)). The DTD specifies which content must or may exist in individual structure patterns of environmental reports and thereby formulates a clear work basis for automatic data extraction from Umberto. Standardised structured content forms the basis for automatic generation of environmental reports for presentation and publication purposes.

Succeeding the used interfaces of Umberto will be considered in detail and the use of automated extraction of relevant eco-balance data for environmental reports will be described.

2 Software tool Umberto

Umberto assists users in the process of generation of eco-balances. It is applicable independent from eco-balance methodologies in use and does not assign a particular approach. It is based on the concept of material flow networks. Relevant relations correlations within an examined system are modelled as a network of interconnected transitions (transformation process) and stacks (material and energy repositories). Materials and energy of different type and quantity flow along established interconnections between network elements. All material and energy forms are summarized in a material list. Thus, material names can be used consistently and property balance sheets can be compared to each other. Different display functions are provided. For selected materials numerous standard diagrams (pie charts, bar charts, etc.) can comfortably be produced and exported to other applications. Beyond graphical analysis of eco-balances, Umberto allows the use of environmental indicator systems. The user is not bound to one methodology. Besides those indicator systems already included in Umberto, with the use of the Valuation System Editor (VSE) further evaluation schemes can be created. Thus, balance evaluations following individual needs become possible.

3 Using Umberto's Evaluation Component

Since version 4 Umberto provides an evaluation component with a DCOM interface (for COM/DCOM see Microsoft (2000)). This component allows powerful access on material flow analysis data within other systems. It also allows the integration of different systems in one consistent user interface. Access to the needed eco-balance data takes place with the evaluation component to transfer them into XML. Umberto itself does not appear in this transaction, but the modelling of material flows still takes place with the aid of the software.

3.1 Interfaces and Objects within the Evaluation Component

The evaluation component summarises all functions of the balance evaluation including the use of performance measurement systems. Succeeding only functions and possibilities are described, which are relevant in context to this paper.

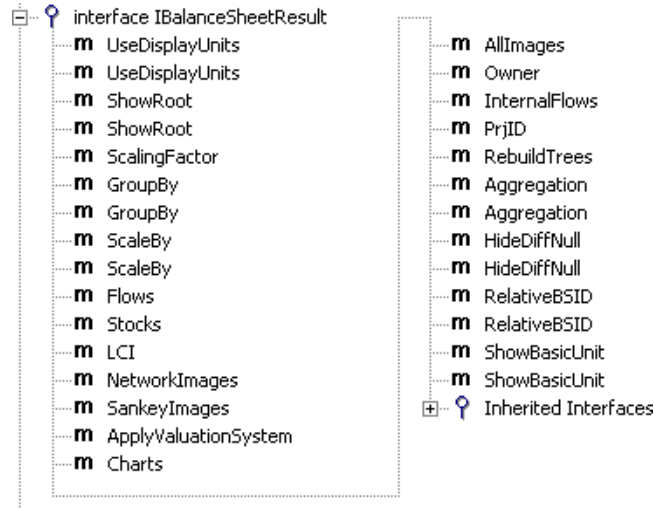


Fig. 1: Interface IBalanceSheetResult

Central object is the BalanceSheetResult object (see figure 1). From this object different characteristics and lists (input, output etc.) can be accessed. These lists are available in a form, known from Umberto's "Balance Sheet" window (hierarchical layout, different knot types etc.). Since the treated data are results of a computation process, the appropriate characteristics of all interfaces can be read, but not be written. In the following section more exactly described options enable only a modification of the element's arrangement in the lists; a change of existing data on data bank level does not take place. The interfaces IBalanceSheetFlows and IBalanceSheetStocks allow access to actual information of property balances using attributes such as flows or stocks (see figure 2).

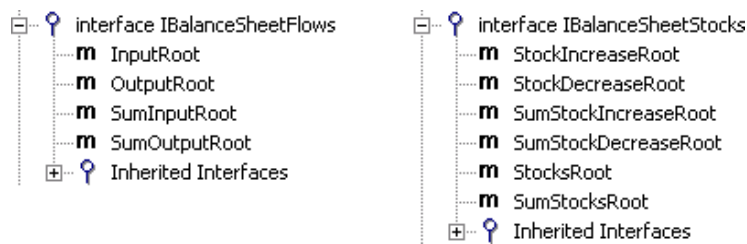


Fig. 2: Interfaces IBalanceSheetFlows and IBalanceSheetStocks

In both mentioned interfaces it is possible to access information of appropriate lists of the IBalanceSheet component with collections (lists of homogeneous elements). In each case these collections are lists of BalanceSheetNode objects (see Figure 3).

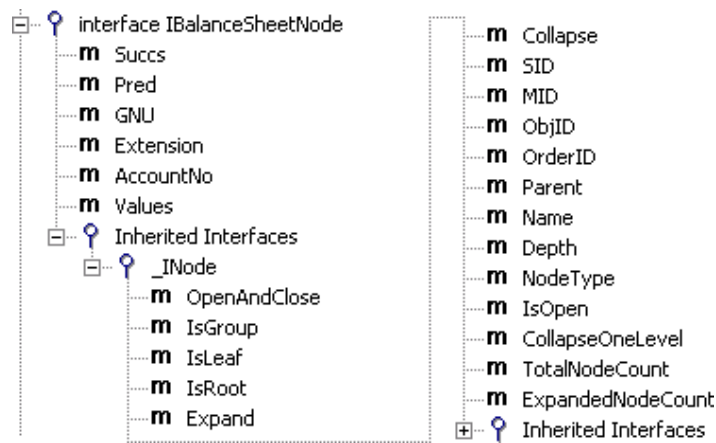


Fig. 3: Interface IBalanceSheetNode

The three general attributes Name, NodeType and Depth make it possible to use these objects for all lists. Depending on the adjustment of the GroupBy attribute in the IBalanceSheetResult interface a BalanceSheetNode object can be one of the following types:

- Material,
- Material Group,
- Place,
- Transition,
- Connection and
- Valuation System.

The attribute Name indicates the appropriate name of a node and Depth the hierarchy level of this entry in the list. If for example the GroupBy adjustment "Places-Transitions" is selected, the hierarchy, which is represented by indentation in Umberto, can be reconstructed using attributes NodeType and Depth. A summation of the individual quantities for a place is also possible. The remaining attributes of IBalanceSheetNode interface represent further information to entries and are only meaningfully applicable with elements of the type Material. The use of a Valuation-System object to a BalanceSheetResult object enables the access to stored performance measurement systems.

Next to accessing table data access to material flow net representations and Sankey diagrams is possible. The graphics are not available in a bit-map format, so that size, zoom and graphic format can be individually adjusted by the user. The representation is presently situated in the SVG format.

3.2 Implementation of the data access

The use of the analysis component requires a PC with a Microsoft Windows operating system as well as an installed Borland Database Engine (BDE) and a data base driver for the Umberto data base. The data base can run on the same computer or can be installed in the TCP/IP network on another computer. The evaluation component is to be registered in the system. Besides the evaluation component the following elements are necessary:

- Data base for material flow models: The data base is used from the evaluation component.
- Authoring tool, primarily an editor, by whom the provided data placed from the evaluation component are inserted into a XML document.
- A software module within the editor for formatting the balance data into a XML form according to the underlying DTD.
- Data base for XML environmental documents, in which all environmental relevant documents in their XML form are administered.

The fundamental application flow for the extraction and transformation of ecological balance data starts if a user wants to create resp. edit a part of an XML based environmental report and wants to insert a property balance or a balance sheet valuation. Via the interfaces of the evaluation component available projects can be accessed, whose scenarios and periods are within the Umberto data base. Potentially several property balances and for the balance sheet valuation several performance measurement systems are available within one project. According to the property balance and the performance measurement system selected by the user the necessary property balance respectively balance sheet valuation data is requested and selected via the evaluation component. From these data according to the DTD the formatting function produces the corresponding, hierarchically structured XML elements. Afterwards these are inserted into the document (see figure 4) and stored. In this way the relevant environmental balance data are available in a structured form and can be processed without larger effort (see following chapter).

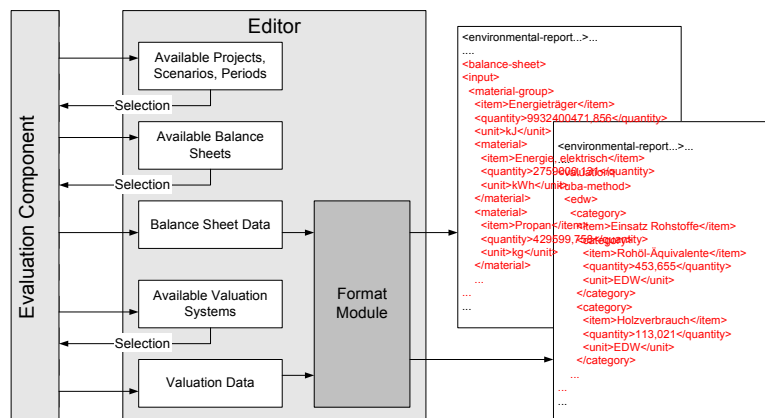


Fig. 4: Transferring property balance and balance evaluation data

The flow chart in figure 5 shows the process of reading the input side of a property balance out of Umberto's database. Rectangles indicate functions resp. blocks of functions, rhombuses depict branching points. Parallelograms clarify input and output operations, ovals point out start or end of a program or function.

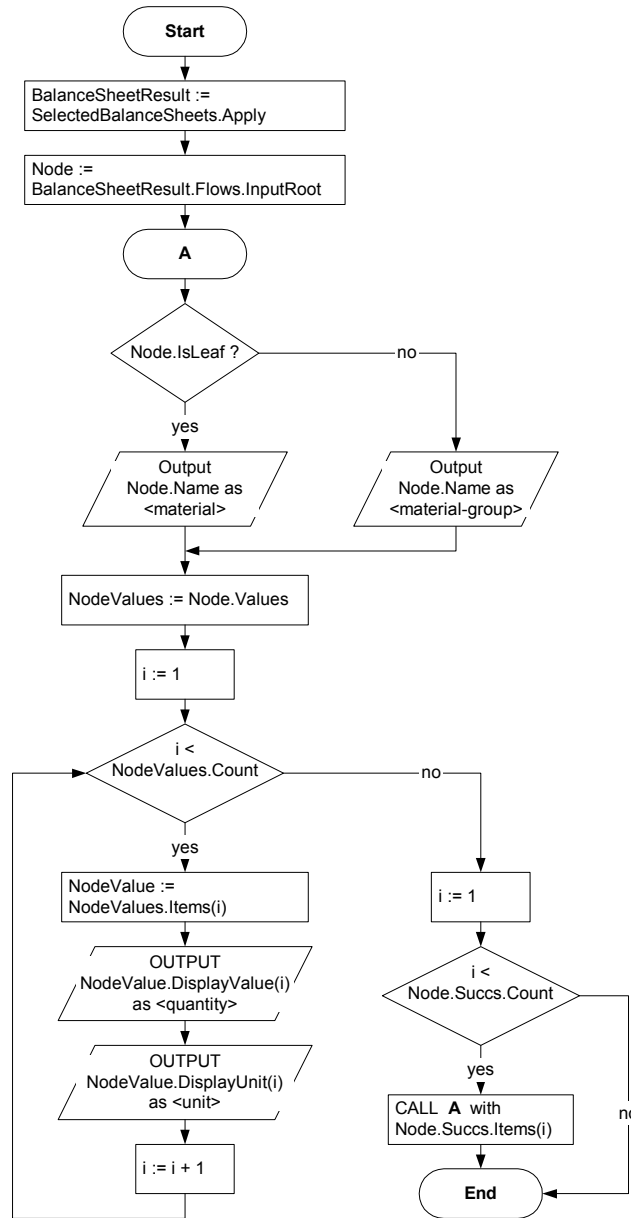


Fig. 5: Program flow chart for the readout of eco-balance data

First of all, the net result for the selected property balance needs to be calculated. Necessary data is available in a hierarchical tree structure, so that beginning at the

root element all branches need to be processed. Thereby, nodes within the tree symbolize material classes, whereas leaves illustrate single materials. If an entry represents a material, it will be displayed according to customized formats. The output of material classes is analogous. Subsequently, disposable quantities and units related to this entry are displayed. For material classes it might be the case that secondary classes or materials exist within. If so, the algorithm is applied to those entries as well.

Umberto's evaluation component requires a Windows® computer with Borland Database Engine (BDE) and Umberto base drivers either installed on the same PC or running via the TCP-IP network on another machine. The evaluation tool needs to be registered in the system.

4 Example Implementation

Based on the fact of the considerations mentioned above and for a better visualisation the prototype of the software (xml4reports) is implemented, which transfers ecological balance data from Umberto into a XML document. The basis of the document is realized initially only by files in the file system. In this case the rights in the file system secure a rudimentary access control. A better solution would be a document portfolio on basis of a data base.

xml4reports was developed with Microsoft Visual Basic 6. With this programming environment a developer can develop very fast and comfortable window-oriented graphical user interfaces, by placing the elements (menu, buttons, input fields, etc.) on the screen. Thereafter the program code is to be deposited for each element, which is executed event-oriented (e.g. when clicking a menu). In addition the COM/DCOM objects in Visual Basic, registered in the operating system, can be integrated and used - an important requirement for the use of the Umberto evaluation component.

Figure 6 shows the graphical user interface of the xml4reports application. Here it deals with a so-called multiple document interface (MDI), i.e. the application can support several documents at the same time.

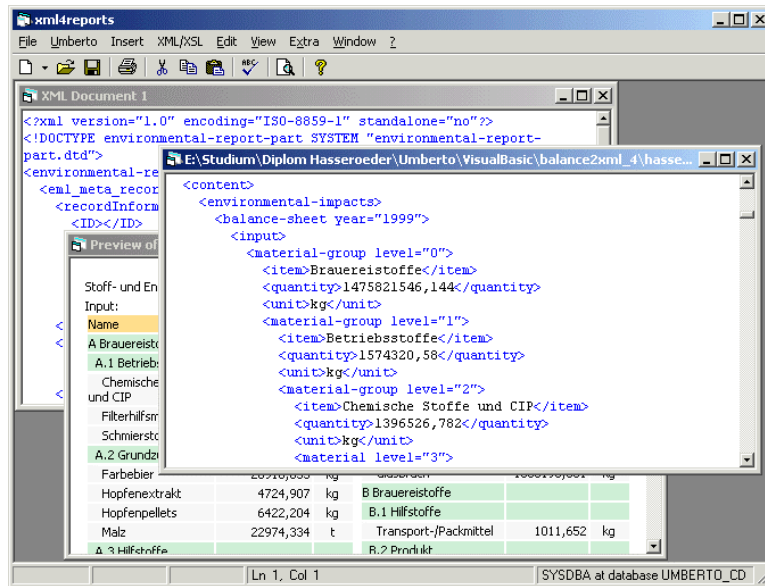


Fig. 6: Proposal of a harmonised DTD for environmental reporting on second level

Menu and tool bars are available for quick and easy selection of individual functions. The creation and processing of content takes place in a document window. If a document is designed, the user can choose between templates for a whole environmental report or part of an environmental report. The new document then already contains the obligatory elements which are defined in the environmental report DTD. For a concise demarcation of actual contents of the element tags, these are emphasized in colour. An input assistance supports a placement of markings in the text. If a new tag is begun (less than sign), a popup window with the element list opens at the particular cursor position. In the course of continuing to write, suggestions for possible elements in the list are marked. These can be accepted by pressing the space bar resp. by double clicking the mouse. At the same time the associated end tag is inserted into the text (see figure 7). An additional syntax check guarantees that the author can create only valid XML.

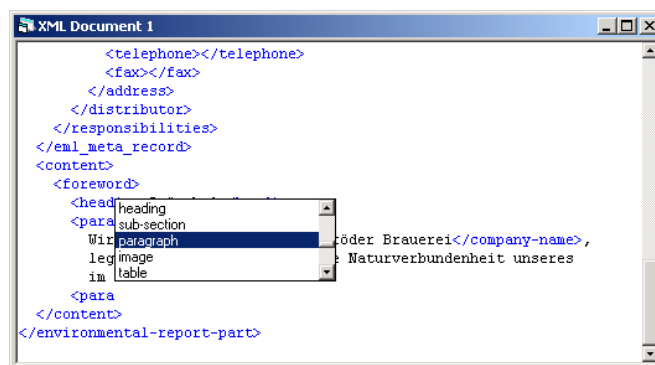


Fig. 7: Syntax highlighting and XML entry helper

Apart from inserting pictures and references to external documents the special meaning of xml4reports lies in the import of eco-balance data from Umberto. The access to these data happens by using Umberto's evaluation component presented in chapter 2. At first the user selects from a previously in Umberto created project a scenario and if possibly one period (see figure 8).

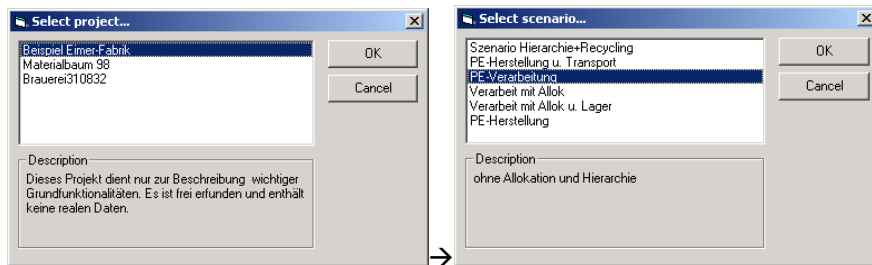


Fig. 8: Selection of available projects and scenarios

Afterwards either a special balance or a balance sheet valuation can be inserted into the straight active XML document. The used algorithm is described in section 2.2 and was implemented in Visual Basic for the prototype. The hierarchical arrangement of the XML elements corresponds thereby to the tree-like structure of the data elements in Umberto. XML elements are assigned according to the data elements in the environmental report DTD.

The integrated preview function gives the author a first impression of the later representation of the document. Therefore two XSL style sheets are deposited, which transform the document into HTML. The transformation takes place with the help of the Microsoft XML Parser in the version 3. The Parser is bound as COM object, whereby its methods will be available in the application (see Microsoft (2001)). The produced HTML file appears in a new window (see figure 9).

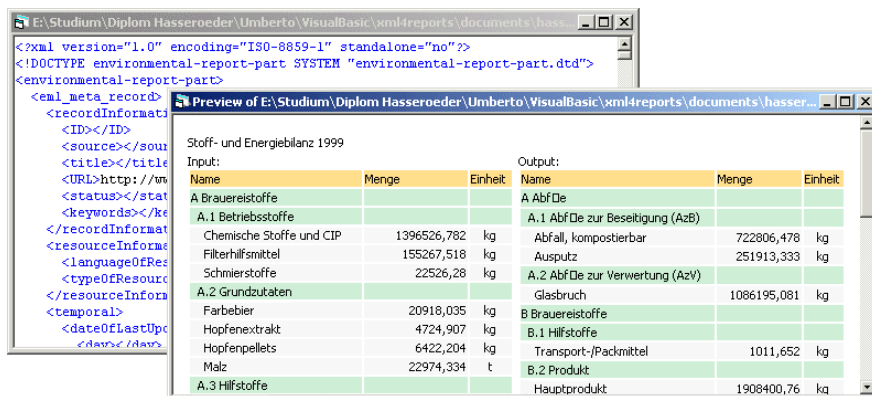


Fig. 9: HTML preview

A condition for the employment of xml4reports is a computer with Windows operating system as well as an installed Umberto version 4.

5 Conclusions

The objective of this article was to demonstrate ways of using Umberto for automated business related environmental reporting. The main focus was on the problem of efficient extraction of eco-balance data from Umberto and the automated integration of this data into xml-based environmental reports. A general description of the data extraction process was followed by a detailed discussion of interfaces necessary for the intended data extraction and provided by Umberto. The feasibility of that approach was then demonstrated by example of the software prototype xml4reports. XML-tagged eco-balance data is, thanks to international standardization, platform-, system- and field-of-use independent. That ensures high potential for further use of that data, e.g. in publication, quality control, information retrieval). The software prototype that is implemented in Microsoft Visual Basic can serve as a working example for future software projects. It also demonstrates the general principles of xml-based automated environmental reporting.

6 References

- Isenmann, R., Lenz, C., Marx Gómez, J., Amelung, M., Arndt, H.-K. (2003), Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung. Tagungsband der 11. Tagung der Fachgruppe 4.6.2 / 5.4.3 "Betriebliche Umweltinformationssysteme" der Gesellschaft für Informatik e.V. "Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme", pp. 69-83.
- Marx Gómez, J., Krüger, M., Rautenstrauch, C. (2001), Entwicklung einer Dokumenttypdefinition für eine automatisierte Umweltberichterstattung auf der Basis von XML; in: Hilty, L. M., Gilgen, P. W. (eds.): Sustainability in the Information Society, Part 2; Marburg 2001, pp. 1016-1027.
- ifu (2003): Umberto - die Software für das betriebliche Umweltmanagement. <http://www.umberto.de>. 25.08.2003.
- Microsoft (2001), What's New in the Microsoft XML Parser Version 3.0 Release. <http://msdn.microsoft.com/xml/general/xmlparser.asp>, 21.08.2003.
- Microsoft (2000), Microsoft COM Technologies - Information and Resources for Component Object Model-based technologies. <http://www.microsoft.com/com/>. 12.08.2003

Approach to Support Automated Generation of Environmental Reports

Jorge Marx Gómez¹, Mario Amelung¹, Claus Rautenstrauch² and Ralf Isenmann³

Abstract

Die unterschiedlichen Dokumente, die im Rahmen einer Umweltberichterstattung von Unternehmen erstellt werden, basieren auf ähnlichen und teilweise überlappenden Informationen. Oft können die für ein bestimmtes Umweltdokument zusammengetragenen Informationen allerdings nicht oder nur mit großem Aufwand für andere Zielsetzungen wieder genutzt werden. Die in den Dokumenten enthaltenen Umweltdaten müssen regelmäßig (z. B. entsprechend dem Berichtszeitraum) aktualisiert werden. Eine rechnergestützte und zumindest teilweise automatisierte Berichterstattung erscheint daher sinnvoll. In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur teilweise automatisierten Umweltberichterstattung vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt hierbei in der automatischen Überführung von Ökobilanzdaten in eine XML-Form und der Integration in einen Umweltbericht. Dies wird am Beispiel des Softwaretools Umberto illustriert.

Keywords

Automation, Content Management, Document Management, Document Type Definition (DTD), Eco-balancing, Environmental Reporting, Environmental Statements, eXtensible Markup Language (XML), Material Flow Management

¹ Technical University Clausthal, Department of Business Informatics, Julius-Albert-Str. 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany, email: gomez@in.tu-clausthal.de

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institute of Technical and Business Information Systems, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany, email: rauten@iti.cs.uni-magdeburg.de,

³ University Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, e-mail: isenmann@bior.de, Internet: <http://www.bior.de>

1. Introduction

Environmental documents e.g. environmental statements and reports are usually produced in multi level, more or less structured processes with participation of several authors and on the basis of various, heterogeneously structured data sources. Defining document structures, the formalization of environmental reports can possibly help to systemize the work process. If all relevant data exist in a structured form, essential environmental reports can simply be generated by transforming their basic structures into target structures of information carriers desired (Schraml 1997, 208). That way, for example, diverse eco-political company guidelines can be integrated in environmental reports using identifying labels. Following it will be shown how creating, processing, and management of structured contents for environmental documents can be facilitated. The main focus lies on automated conversion of environmental assessment data to XML format and integration in environmental reports. The software tool Umberto will be used to illustrate the approach. As a result, integrative and structured content builds the foundation of automated generation of environmental reports for presentation and publication.

2. Document Management

Basis of systematic collection and management of XML documents and document components is a central (logical) document base. In the figurative sense the document base simply is a data storage including functions such as [read entry], [write entry], [modify entry], and [delete entry].

A simple document base can be realized with the help of files within a file system. In that case, access control is guaranteed through file system rights. Indeed, for a long time there exists a specific kind of software providing essential document base functions, namely Data Base Management Systems (DBMS). A modern DBMS is able to store all kinds of objects to databases, including pictures and videos. A possible solution is represented by so called hybrid forms, which combine a database and file system based external data. Furthermore, the database observes external files, which contain contents that are either too large or too complex, or to which a DBMS can contribute only little. All structure and management information is located within the DBMS, because only that way required additional functions can be implemented at a reasonable work input (Rothfuss/Ried 2001, 65).

Management of the document base essentially contains access control, protocol functions, data storage, multi-user capability, management tools, queries, and mass operations such as access control, protocol functions, data storage, multi-user capability, queries and mass operations.

3. Generation of Environmental Reports Parts

In order to generate single parts of environmental reports, XML documents based on a Document Type Definition (DTD) are prepared (Lenz 2002). Each document represents one part of the report. Environmental reports can either be produced manually or automatically. Report parts build the basis of the entire environmental report.

3.1 Manual Generation of XML Documents

The generation of documents requires an adequate editor. Authors are able to create documents, label passages in the text according to document model guidelines, and store so structured documents to a central data pool. A system that beyond document management facilitates the option to edit contents, is consistently referred to as Content Management System (CMS). This editor can either be an external application or an internal editor within the overall system. Specifically for the generation of XML documents there exist very powerful editors. Indeed, external editors need appropriate interfaces and need to be remotely used through their program interfaces in order to read and save documents and to perform a search in the document base. Another possibility would be to implement a personal editor. Besides editing functions, this editor also performs important operations such as access control, multi-user capability, and queries. In order to adequately support the authors, editors need to be capable of the following:

1. Provide document templates that already include obligatory elements according to DTD guidelines
2. Annotation of contents with meta data
3. Set of XML elements
4. Insertion of external graphics, pictures, videos, etc.
5. Link insertion to other documents and parts of documents in the document base
6. Highlight XML elements and differentiate from content (syntax highlighting)
7. Check XML contents for shapeliness and validity according to DTD in use
8. Search for documents and contents within the document base
9. Preview documents, e.g. by the use of transformation into HTML

3.2 Automated Generation of XML Documents

Essential to all environmental reports is a systematic representation and evaluation of substantial material and energy flows within a company. Necessary data, e.g. raw material and supply flows into the company as well as environmentally relevant pol-

lutants and wastes out of the company, is collected using various methods and, thus, are more or less structured. Now the task is to extract relevant information from the data storage, process and restructure it, and finally integrate it in environmental reports. If required data is only available in the form of lists, great costs need to be invested in its manual evaluation and conversion to appropriate report structures. Ideally, in the company specific software systems for eco-balancing are already in existence. Eco-balancing is the generic term for balancing and evaluating consideration of ecologically relevant systems, which can be a product, a production process, or an entire company. The overall goal is to state main problems of environmental pollution, point out any weak spots, and recommend decisions and actions. Substantial components of eco-balances are:

1. Objectives and general framework
2. Input/Output balance (material and energy balance)
3. Impact assessment (estimation of environmental impacts)
4. Balance evaluation

Property balances exclusively represent material and energy flows at scientific and technical level, including emissions as input and output factors. They provide necessary information for effect and balance evaluations. Basic elements of a property balance are modelling of the process structure, collecting data, merging process structure and data, and calculating input-output flows. Following effect evaluations consider environmental relevance of material and energy flows and other factors. In relation to possible impacts in the range of serious environmental problems, collected data is analyzed and evaluated. Here, scientific proof for facts such as global warming, toxicological effects of specific substances, and the contribution of materials to acid rain are added to the balance. For that purpose effect categories and useful indicators are formed. Balance evaluations weight different effect categories to each other. Normally, strong political and social values defining which environmental problems are considered as urgent having a lasting effect on the eco-balances (Faustmann/Lutze 1999, 9). An eco-balance, therefore, provides all information necessary for environmental reports, from representation of material and energy flows in the form of a property balance to evaluation of environmental effects of products or companies (Wilke 2000, 22). If eco-balance application systems facilitate external access to required data, information can be converted to the report's document structure automatically and, thus, they become more efficient. Thereby, two alternatives arise (see figure 1):

1. Property balance and balance evaluation data are extracted, structured according to DTD (1) and stored together with the environmental report and parts of the report (2).
2. A statement is added to the environmental report and parts of the report (3), according to which property balance and balance evaluation data is requested and inserted (4) at the exact time of transformation to the output format (print or Internet page). The benefit is that always up to date information can be imported to the environmental report, even after eco-balance data has been changed.

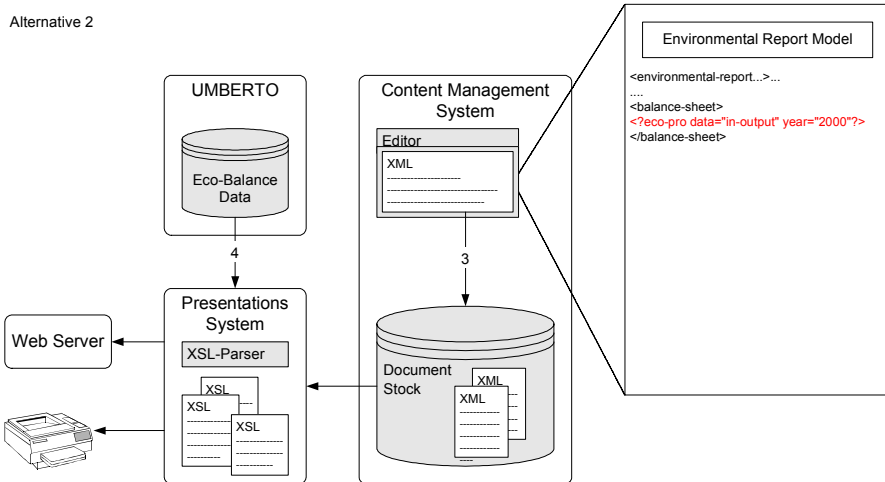
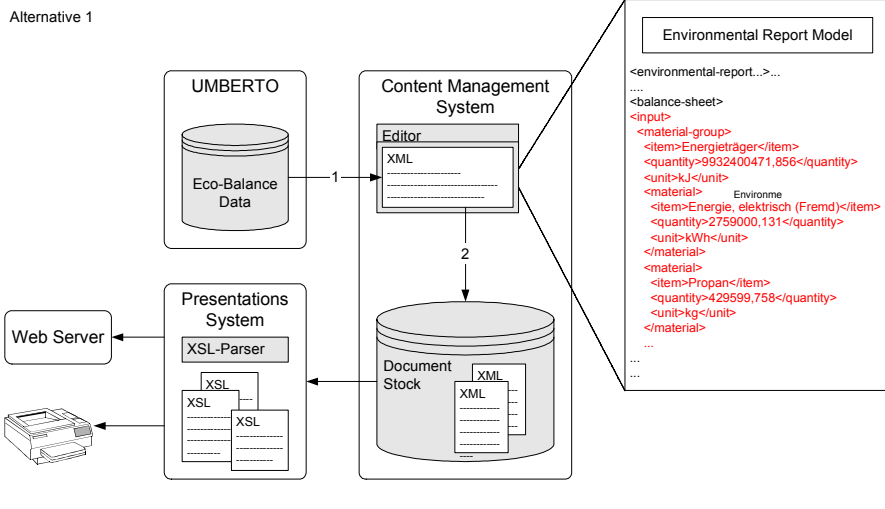


Figure 1
Integration of eco-balance data to environmental reports

Umberto is an example for an eco-balance application system. As a case study, Hasseröder Brewery eco-balance was generated using the software tool Umberto. First the software will be introduced, before significant interfaces are addressed in detail and the usage of Umberto for automated generation of environmental reports is specified.

4 Software Tool Umberto

The software tool Umberto assists the user in the process of generation of eco-balances. It is applicable independent from eco-balance methodologies in use and does not assign a particular approach. Umberto is based on the concept of material flow networks. Relevant relations correlations within an examined system, e.g. a production scenario, are modelled as a network of interconnected transitions (transformation processes) and stacks (material and energy repositories). Materials and energy of different type and quantity flow along established interconnections between network elements. All material and energy forms are summarized in a material list. Thus, material names can be used consistently and property balance sheets can be compared to each other. The component responsible for property balance output provides various display functions. For selected materials, therewith, numerous standard diagrams (pie charts, bar charts, etc.) can comfortably be produced and exported to other applications.

Beyond graphical analysis of eco-balances, Umberto is capable of evaluation with the use of performance measurement systems. Due to the fact that the design of effect analysis and evaluation components is open and flexible, the user is not bound to one methodology in particular. Besides those measurement systems already included in the program, with the component „Valuation System Editor“ (VSE) further evaluation schemes can be created. Thus, measurement systems following individual needs become possible (Wilke 2000, 149).

4.1 COM/DCOM Interfaces

Umberto, in addition, provides COM and DCOM interfaces. COM stands for Component Object Model and is Microsoft's basic technology for the development of component-based software. Instead of designing an application as one monolithic block, it can be composed from several components. Components represent their functionality in the form of interfaces. Distributed COM (DCOM) furthermore allows the distribution of components to various network computers. For remote users, the application appears transparent. A COM/DCOM runtime repository guarantees that requests and parameters are securely sent to the target computer and that results find their way back (Microsoft 2000).

Using COM/DCOM technology, Umberto can link other programs locally, over a network, or via Internet (Rosendahl 2001). This enables both customized and time resp. cost effective usage of the Umberto software tool including:

1. Personalized import options - once installed updates are simple
2. Customized input and output masks - each user can view relevant data only
3. High automation degree of acquisition of operational data - no multiple data collection
4. Generation of material flow models - saves time

Double input can be avoided due to Umberto's open conception that facilitates a link-up to operational standard software. From a diversity of SAP R/3 modules, for instance, all relevant information can be read out and integrated in the material flow model. If reasonable, data transfer would be possible in opposite direction as well. With Umberto optimized system structures can easily be written back to external applications and therefore kept up to date (ifu 2001).

4.2 Using Umberto's Evaluation Component

Umberto provides an evaluation component in the form of a DCOM interface. It allows both performant access to material flow data in other systems and combination of diverse systems at one consistent user interface or for one specific purpose. Access to required eco-balance data for conversion to XML is gained through the evaluation component. Umberto itself appears to be idle. However, material flow networks are still modelled using the software tool.

First of all, the net result for the selected property balance needs to be calculated. Necessary data is available in a hierarchical tree structure, so that beginning at the root element all braches need to be processed. Thereby, nodes within the tree symbolize material classes, whereas leaves illustrate single materials. If an entry represents a material, it will be displayed according to customized formats. The output of material classes is analogous. Subsequently, disposable quantities and units related to this entry are displayed. For material classes it might be the case that secondary classes or materials exist within. If so, the algorithm is applied to those entries as well. Umberto's evaluation component requires a Windows® computer with Borland Database Engine (BDE) and Umberto base drivers either installed on the same PC or running via the TCP-IP network on another machine. The evaluation tool needs to be registered in the system.

5. Generating and Presenting the Overall Report

Using appropriate XSL style sheets, environmental reports based on XML can be processed for any media and made available according to target group preferences. Thus, a presentation component can be added to the system. This basically consists of a XML parser and a style sheet repository. If an environmental report is requested for a specific media, the system checks access authorization and document status, combines necessary document parts, reads up-to-date eco-balance data, and transforms XML data into desired output formats. Besides paper or CD-ROM output, presentation of environmental reports in the World Wide Web is of significant importance. With a connection to a web server, the presentation component can generate customized environmental reports and view them in a web browser following individual information needs.

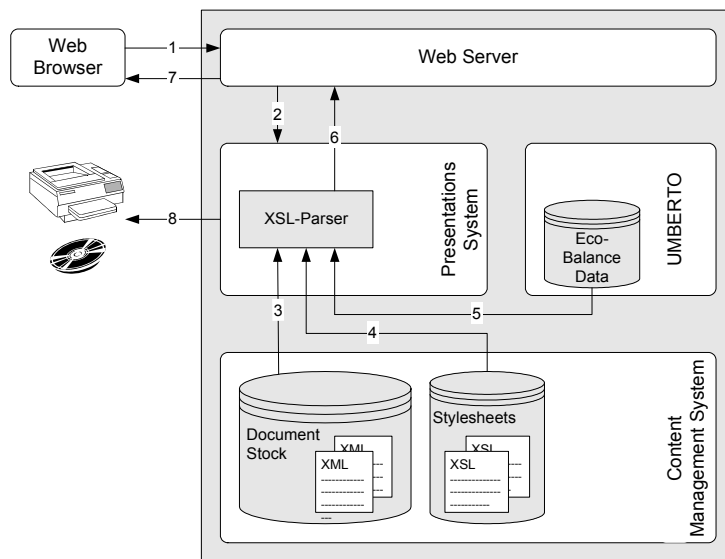


Figure 2
Presentation of environmental reports

Figure 2 shows the ideal process of individual requests for environmental reports. Initial generation is triggered by a user query including specific information demands and preferences (1). For evaluations, the web server forwards the user request to the presentation system (2). The presentation component calls the XML document (3) and the XSL style sheet (4) in accordance with transmitted parameters. In addition, necessary eco-balance data need to be read and processed (5). The XML parser applies style sheet instructions to the XML document and generates the environ-

mental report. The output is sent to the web server (6) and finally presented to the user (7). Alternatively, reports can be generated in electronic or paper form and sent to the user by mail (8).

6. Summary and Outlook

The objective of the presented paper was to introduce the possibility of automated generation of environmental reports on a corporate level. The focus was put on efficient creation and publication of environmental reports as well as automatic integration of eco-balance application systems. The described approach has been used for a case study, whose main focus lay on content design, automated processing, and integration of eco-balance data in environmental reports. Coping with a diversity of addressees and target groups, automated processing of environmental reports seems reasonable and offers full utility potential. Benefits basically arise from structuring and marking document elements, which moreover facilitates future content reuse and adjustment. Based on the common definition of Content Management Systems, integration of eco-balances in environmental reports could be shown with the Umberto software tool. For target group-oriented presentation and publication of environmental reports, the author recommended the integration of a web server in CMS environments.

Bibliography

- Faustmann, A., Lutze, V. (1999): Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg.
- Lenz, C., Isenmann, R., Marx Gómez, J., Krüger, M., Arndt, H.-K. (2002): Standardisation of XML-based DTDs for Corporate Environmental Reporting: Towards an EML. In: Pillmann, W. (ed.): Proceedings of 16th International Symposium on Environmental Informatics – Environmental Communication in the Information Society, Vienna.
- Rothfuss, G., Ried, Ch. (Hrsg.) (2001): Content Management mit XML: Grundlagen und Anwendungen. Berlin u. a.
- Schraml, T. (1997): Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements – Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation von Dokumentstrukturmodellen im Rahmen der Umwelt-Kommunikation von Unternehmen. Dissertation, Technische Universität. Dresden.
- Wilke, C. (2000): Analyse, Vergleich und Erweiterung von Kennzahlensystemen und Bewertungsmethoden zur Ökobilanzierung – Fallstudie eines Bierherstellungsprozesses. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg.
- ifu (2001): Umberto - Schnittstellen. <http://www.umberto.de/praxis/schnittstellen/>. 05.06.2001.

Microsoft (2000): Microsoft COM Technologies - Information and Resources for Component Object Model-based technologies. <http://www.microsoft.com/com/>. 18.06.2001.

Rosendahl, M. (2001): Component Object Model. <http://www.uni-koblenz.de/~ros/com/com.htm>. 16.06.2001.

A Case Study on Comparative Eco-balances for Coating Materials with Epoxidised Derivatives

Jorge Marx Gómez, Jana Görmer, Chaouki Khatib
Technical University of Clausthal
Institute of Informatics
Julius-Albert-Str. 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel: +49-5323-72-7115
Fax: +49-5323-72-7139
Email: gomez@in.tu-clausthal.de

Abstract

The scope of the presented project was to illuminate and describe the potential environmental impacts which are caused by the production and application of a coating material using epoxidised derivatives. Therefore an appropriate comparative eco-balance in collaboration with the company BIOMEL GmbH located in Dessau (Germany) shall be conducted. Problem definition, approach and results will be given.

1 Introduction

1.1 Objective

In the field of coating materials volatile organic compounds (VOC) represents one of the highest environmental burden. Due to this fact the company BIOMEL GmbH started to develop a new product which should substitute VOC from coating materials. The new product has a pure native basis utilising the seed oil of the so called dragon-figurehead plant. The “reactive diluent” shall substitute VOC-containing solvents and because of its specific properties it can be used as a solvent as well as a binder.

In order to verify the environment-friendly behaviour of a coating material using the reactive diluent it is necessary to compare it with another coating material concerning environmental impacts. It will be exemplified with the use of a concrete coating material containing solvent compared to a solvent-free concrete coating material (containing the reactive diluent). Therefore the method of eco-balancing has been chosen. Two eco-balances have been created and opposed (comparative eco-balance) according to ISO 14040 in order to obtain and derive meaningful and reliable environmental information.

1.2 Eco-balances

Eco-balancing is a method for documenting the environmental aspects and potential environmental effects associated with a product or production process. This is done by:

- compiling an actual balance of relevant input and output flows of a production system,
- evaluating the potential environmental effects associated with these inputs and outputs,
- interpreting the results of the actual balance and effects with regard to the objective of the study.

As a result eco-balances serve and support the numerical registration and the interpretation of environmental effects. The expression „eco-balance“ is a generic term for a number of different methods for the numerical registration of the environmental effects (Seuring 1998, 67), Rautenstrauch 1999, 56). The following types of eco-balances can be named:

- **Company Eco-Balance:** This eco-balance is related to a place of production or business, i.e. to an organizational or operational unit. This eco-balance is regarded as a „Black Box“ since no analysis of the in-house operations takes place. The balance concentrates on the company's input and output of energy and materials and is frequently referred to as the basis of environmental reports.
- **Process Balance:** This eco-balance examines the flows of individual production steps specific to operation and makes a more precise look at the operational activities possible. Thus the degree of ecological harmfulness of the individual processes can be recognized in the total environmental pollution and gaps and potentials for optimization can be easily localized from this estimate.
- **LCA:** The product-related eco-balance (Life Cycle Assessment, LCA) balances the environmental effects of a product over its entire life, i.e. starting from the generation of energy/recovery of raw materials, preproduction, production, transport, distribution, product use or consumption and up to disposal.
- **Substance Balance:** Substance balances show lasting environmental use and environmental disturbances. Surface consumption, cultivation, and operationally-dependent landscape excavation belong to the group of enduring environmental use. Pollution of soil or ground water by the plant constitutes enduring disturbances of the

environment. Furthermore capital assets and inventory present in the plant are evaluated according to ecological criteria.

1.3 Material Flow Networks

A particularly flexible and efficient approach to represent material and energy flows of a system is the application of material flow networks (Möller 1995, 34). The systems can be production locations and operations of any size as well as stations in the life of the product. Consequently material flow networks are equally suitable for the preparation of company balances as well as product balances. This combination of company and product balances in one approach is one of the most important special features of the material flow networks. Material flow networks are suitable for modelling material and energy flows which originate between the system elements (e.g. between individual stages of an extensive production process) for a specific part of a real system. They thus create the basis for the preparation of eco-balances (Schmidt 1997, 12). Material flow networks serve the preparation of eco-balances by listing balance-like the materials and the corresponding amounts, which are exchanged with the system environment through the inlets and outlets of the network.

In material flow networks two types of procedures are principally taken into account and differentiated:

- Processes for the Transformation of Materials (transitions, in the network symbolized by rectangles): In these locations materials are converted with the help of energy. Every transition is on the one hand connected with a place from which they receive materials and on the other hand with places where they deliver materials. For every transition, how the inlet and outlet flows depend on one another can be correspondingly determined in the process shown. At the same time both the type of the materials affected and the mutual dependencies of the particular quantities can be specified.
- (Temporary) Storage of Materials (places, in the network symbolized by circles): Places are locations in the material flow networks where no conversion of materials occurs. They function as material storage for example; they are inlet and outlet points where material flows enter or leave the system. In view of the different functions the places can assume in the material flow networks, Umberto differentiates between the place types of input-places (inlet point), output-places (outlet point), storage-places (storage) and connection-places (direct throughput without storage).

Besides the aforementioned network elements further symbols are used in Umberto which also appear in the models here. In particular these are elements which are used by using sub-networks. Sub-networks are used in the network transformation for refinement as well as generalization in order to achieve certain clarity in the network modelled. A hierarchical structure results through the creation of a network „behind“ an existing transition. If places in the overriding network are in conjunction with a transition, which contains a sub-network, these places appear as network transition points in the sub-network. This applies to the places of the type Input, Output and Connection.

The places and transitions are linked with one another by connections (links) so that a new network structure results. Connections lead either from a transition to a place or from a place to a transition. A connection between two similar network elements is not permitted. The tip of the pointer specifies the direction of the flows; a flow in the opposite direction is not permissible.

2 Process Structure

In accordance to the investigation subject of an eco-balance, the life-cycle of the coating compound should be considered and investigated including all material and energy flows during the whole product life-cycle starting from the raw material extraction, along the production process, the utilisation and the disposal (Rautenstrauch 1999, 21). Up to now only the first three phases have been considered. The disposal phase has not been covered due to identical removal treatments for both materials. Here the coatings will be removed and transferred to a hazardous waste disposal site. Furthermore it should be mentioned that no further relevant data are available for this.

Both, concrete surface coatings (2K-epoxy-resin concrete coating, solvent-free and solvent-containing) consist of three layers: the grounding, the interface layer and the sealing coat. Each of them is manufactured in the same manner.

The solvent-containing layers as illustrated in figure 1 are composed of the following precursors (Brock/Groteklaes/Mischke 1999, 14): non-volatile fraction (binder, pigment and filling material, non-volatile additives), hardener and volatile fraction (solvent, dispersing agent, volatile additives).

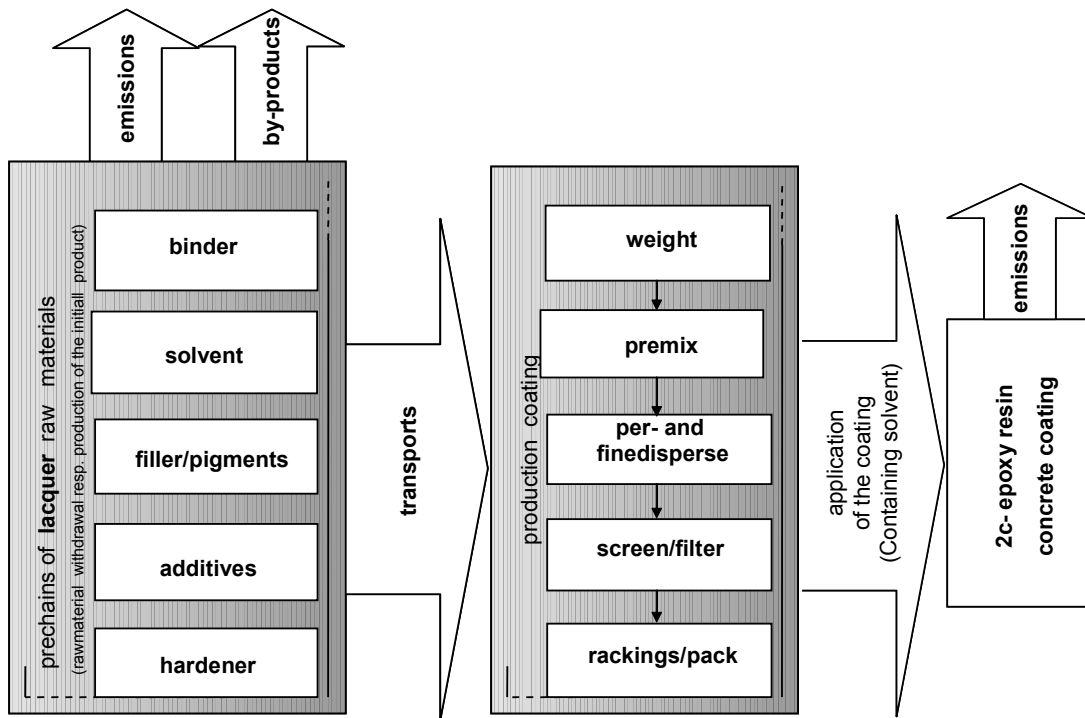


Figure 1: 2c-epoxy resin concrete coating (containing solvent)

Layers of solvent-free concrete surface coating include binder, pigment and filling material, additives and hardener as well. Instead of the volatile solvent they include the reactive diluent (see figure 2).

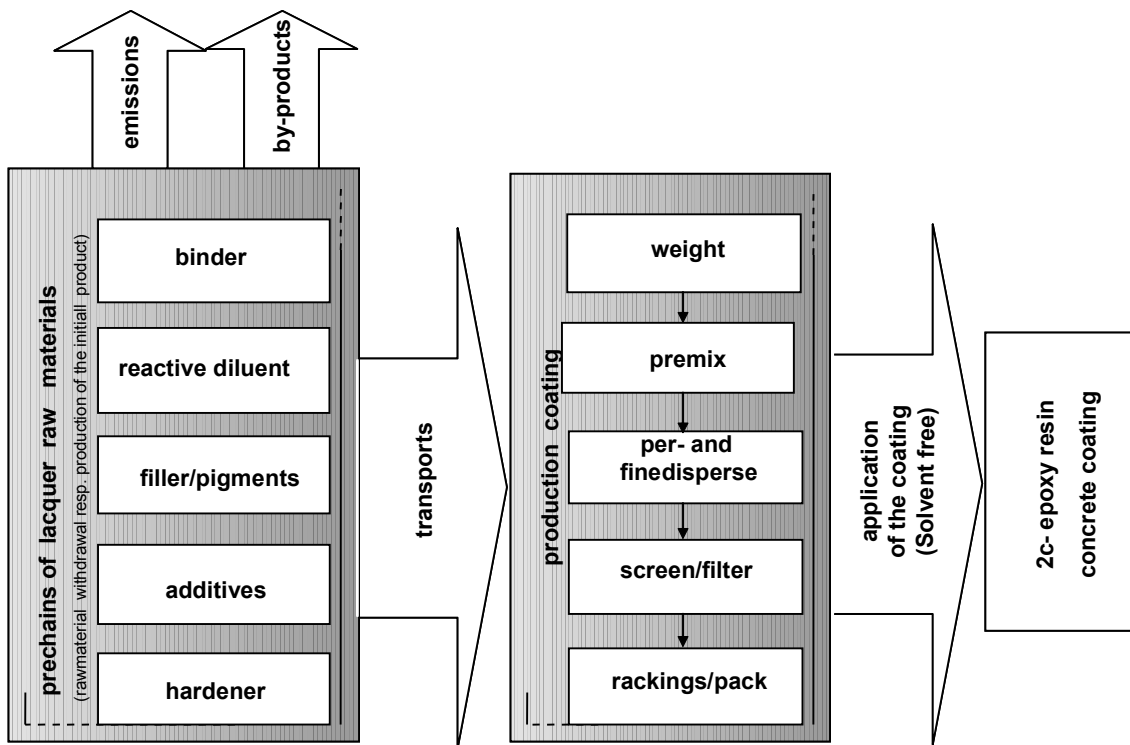


Figure 2: 2c-epoxy resin concrete coating (solvent free)

The production of both coating materials, i.e. the production of the respective layers will be conducted as follows: weighing out the raw materials for the dispersing approach, master batch (crude homogenisation), pre-dispersing, fine-dispersing (main-dispersing), filtrating, packaging and storage of the finished products (Brock/Groteklaes/Mischke 1999, 230).

Within the utilisation phase of the concrete surface coating the volatile part (solvent) of the solvent-containing concrete surface coating evaporates during the generation of the film without a chemical transformation (Baumann/Muth 1997, 387). In contrast to this the reactive diluent of the solvent-free concrete surface coating is not evaporating. Due to a chemical reaction during the film generation the reactive diluent loses its diluent properties and becomes part of the binder.

3 Data Collection and Integration

For the eco-balancing it is necessary to ascertain precise data about all involved processes. After the modelling of the process structure the overall model must be completed with the ascertained data in order to calculate the input and output flows and to generate the actual balance. The methodology of eco-balancing which provides the foundation for this study is based upon material flow networks (Schmidt,Häuslein 1997, 20). Technical information about processes are modelled, specified and evaluated with the utilisation of the software tool Umberto.

E.g., modelling the sub-process “dragon-figurehead methyl-ester to epoxy dragon-figurehead methyl-ester” resulting in reactive diluent could be achieved using a detailed flow process chart with the corresponding data (see figure 3).

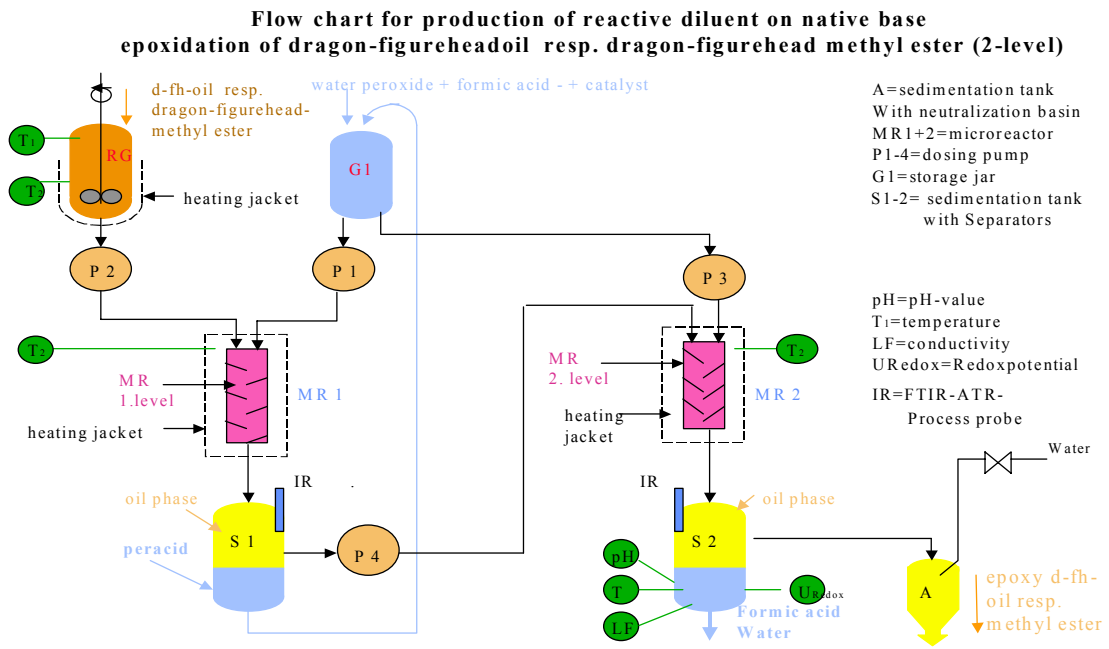


Figure 3: Flow chart for a sub-process (epoxidation of dragon-figurehead methyl-ester)

Processes for the transformation of materials and energy are modelled in the network with transitions symbolised by rectangles. Storage and distribution of materials occur in places symbolised by circles.

In order to be able to specify places and transitions, the belonging material flows have been assigned to them. After having specified all relevant transitions and places, the material flow network could be calculated. Figure 4 shows exemplarily the epoxidation process modelled with the use of a material flow network.

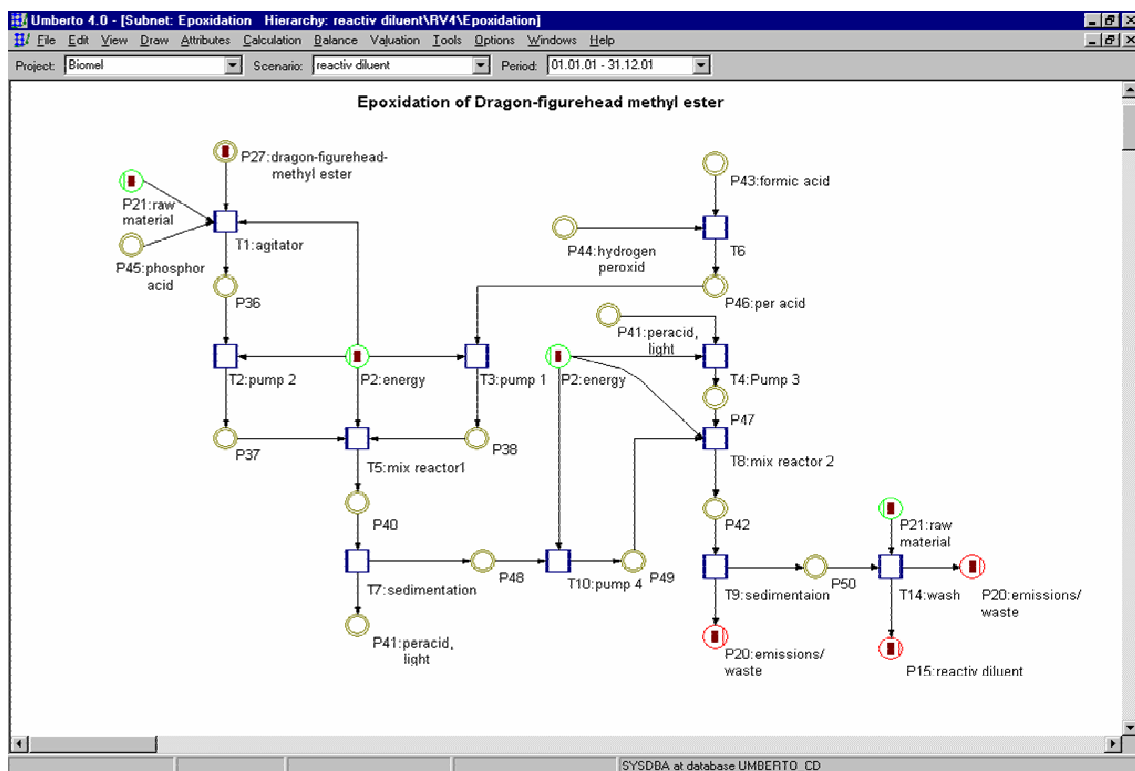


Figure 4: Umberto-model of the epoxidation process

4 Inventory Analysis, Impact Assessment and Balance Valuation

Based on the calculation mentioned above the impact assessment and balance valuation could be done using coefficient systems implemented in Umberto. The impact assessment is executed to consolidate the information contained in the actual balances for preparation of the subsequent balance valuations. In order to achieve this the documented material flows are to be described with regard to their potential environmental impacts. For substances with comparable impacts an aggregation is carried out. This procedure strives for a comprehensive impact assessment of all input and output flows.

With the use of the software tool Umberto® it is possible to compare process balances immediately. Consequently significant differences between created balances (solvent-free and solvent-containing concrete surface coating) can be achieved.

Impact assessment and balance valuation were conducted in several steps applying the UBA-method from the Federal Office for Environment (Umweltbundesamt 2000, 4). In the first step of the impact balance, the classification, all material and energy flows that have been confirmed in the actual balance are linked to impact categories according to their environmental impact potential, respectively. The impact potentials are calculated in the second step resulting in the characterisation. Modelling and aggregation of the

actual balance data within the impact categories have been conducted. Within the categories suitable rates are determined which enable impact related aggregation. They clearly describe the potentials in a quantitative form (DIN 1998, 11).

Ten environmental impact categories have been suggested: consumption of raw materials, greenhouse effect, generation of photo-oxidants, acidification of soil and surface water, eutrophication, impediments to human health (cancer risk), direct damage to organisms and eco-systems (fine dust generation), introduction of nutrients into soil and surface water, consumption of space, noise incrimination (see figure 5).

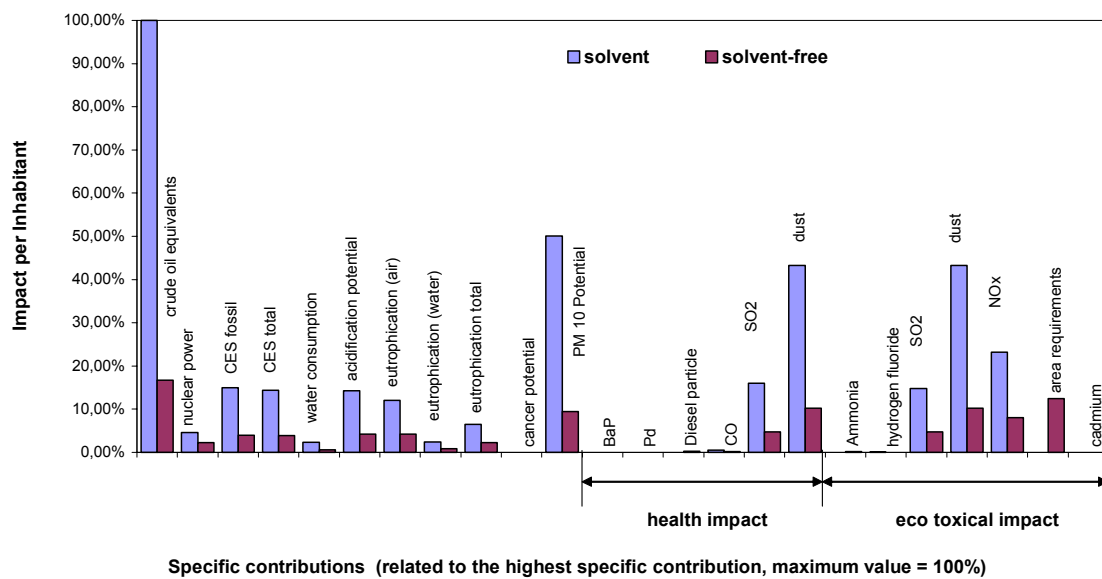


Figure 5: Specific contributions of the impact categories of the coating system by comparison

In order to obtain a better comparability, the results have been normalised for inhabitant mean values in Germany (DIN 1999, 15) and based on that, the relative specific contributions for impact categories have been calculated.

The maximum specific contribution is provoked by the consumption of crude oil equivalents in the impact category “consumption of raw materials” and is set equivalent to 100%. All other specific contributions are to be set in relation to this value. Compared to the crude oil consumption caused by coating materials with conventional solvents, a specific contribution close to 17% in the category “consumption of raw materials” for the coating material based on the reactive diluent could be found. At the same time the consumption of crude oil equivalents gives the maximum specific contribution resulting from the solvent-free coating material.

As far as the fine dust generating potential (PM10-potential) is concerned, the specific contribution could be reduced from 50% for the solvent-containing coating material down to 10% for the solvent-free coating material.

The application of the impact categories “impediments to human health” and “direct damage to organisms and eco-systems” leads to a reduction of the specific contribution for dust from 43% (solvent-containing surface coating) to about 10% (solvent-free surface coating).

Similar results could be obtained for the remaining impact categories. Merely, as far as the category “consumption of space” is concerned, better results could be obtained for the solvent-containing coating material. The reason for this fact is the huge amount of dragon figurehead oil required in the reactive diluent production. This oil will be extracted from the seed of the dragon figurehead plant. The plant needs an appropriate agricultural cultivable area.

5 Conclusion and summary

Two comparative eco-balances for two production processes have been prepared in order to illuminate and describe the potential environmental impacts caused by the production. The first eco-balance has been conducted for coating materials whose solvents were build up on the basis of epoxy resin. The second eco-balance covers a coating material with a reactive diluent as solvent which is currently under development. The reactive diluent will be produced on a pure native basis utilising the seed oil of the so called dragon-figurehead plant. The obtained results of this case study clearly demonstrate that concrete coating materials on a native basis, i.e. without VOC-containing solvents are significantly more environment-friendly than the conventional solvent-containing concrete surface coating materials. Results were discussed with process engineers and industrial chemists. They acknowledged that this would correspond to their experiences and expectations.

References

- Baumann, W. / Muth, A. (1997): Farben und Lacke: Daten und Fakten zum Umweltschutz mit 157 Tabellen. Springer, Berlin.
- Brock, T. / Groteklaes, M. / Mischke, P. (1998): Lehrbuch der Lacktechnologie. Vincentz, Hannover.
- DIN (1999): DIN 14042. Ökobilanz – Wirkungsabschätzung. Deutsche Fassung der prEN ISO 14042. Beuth Verlag, Berlin.

- DIN (1998): DIN 14043. Ökobilanz - Auswertung. Deutsche Fassung der prEN ISO 14043. Beuth Verlag, Berlin.
- Möller, A.; Rolf, A. (1995): Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), pp. 33-58.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme: Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer, Berlin.
- Schmidt, M. (1997): Stoffstromnetze zwischen produktbezogener und betrieblicher Ökobilanzierung. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), pp. 11-24.
- Schmidt, M. / Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung: Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto®. Springer, Berlin.
- Seuring, S. (1998): Betriebliche Ökobilanzen. Grundlagen zu Begriffen, Methoden und Anwendungen. In: Sietz, M. (Ed.) (1998), pp. 65-114.
- Umweltbundesamt (2000): Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“, Umweltbundesamt, August 2000.

Conception of an Integrated System for Environmental Information – A Case Study

Jorge Marx Gómez¹, Christian Gruenwald², Dirk Rosenau-Tornow³

Keywords

Environmental Information Systems, Standard Systems, VOC Balance, Multi-criteria Decision Making, Integration, Business Information Warehouse

Abstract

Increasing the amount of business technical tasks and business data sources, frequently used for different task areas, require integrated data processing systems. Such systems should be able to get required information from heterogeneous data sources as well as to aggregate and to process it according to the requirements. A suggested concept of an environmental information system is based on standard system components that are connected with a business information warehouse. In a case study, a concept helpful for practical tasks is created and the advantages of the system are clearly presented with help of the multi-criteria decision making method.

1 Introduction

In order to prove a fulfillment of limit values, given by a legislator, a company has to generate special documents. For an automated generation of environmental reports as well as structured and centralized storage of enterprise-related environmental data and for the realization of internal checks and analysis, various environmental information systems⁴ (EIS) are developed. The increase and tightening of legal guidelines and the demand to perform as many environment-related technical tasks⁵ as possible require continuous development of existing EIS in order to increase the amount of functions and system efficiency.

The internal generation of environmental data as well as the degree of the further processing of those data has also increased. To ensure the usefulness of existing information in neighboring systems, a suitable data infrastructure has to be provided. Linked information processing, which is adapted to the technical and process

¹ TU-Clausthal, Institute of Computer Science, gomez@in.tu-clausthal.de

² TU-Clausthal, Institute of Computer Science, gruenwald.christian@web.de

³ Volkswagen AG, Section Environmental Planning, dirk.rosenau-tornow@volkswagen.de

⁴ An environmental information system (EIS) is an organizational technical system for systematic registering, processing und providing of environment-related information.

⁵ A technical task includes requirements of a restricted topic.

surroundings of a company makes faster and less expensive business processes within enterprises possible. Manual input of data is required if there is no automated data-transfer. However, this causes additional work and thereby increases process time as well as costs. A wide spectrum of processed data, combined with an increasing amount of data links, allows the use of new application fields for further information processing. Thereby, additional processes can be carried out with costs and time savings.

The use of a new basic technology, e.g. the non-employed standard systems⁶ or an alternative integration approach⁷, often requires an extensive re-engineering⁸ of an existing EIS for a coordination of system components and data flow between them.

2. Motive for the EIS Development

There are a lot of technical and technological requirements in this case study, which can not be met by used stand-alone systems⁹ anymore¹⁰. The extent of data to be processed has reached a degree where a comprehensive analysis and optimization of the data structure and data flow is inevitable. Moreover, a required reduction of the storage capacity and avoidance of redundancies¹¹ in data storage are ensured. For process optimization in the data processing-supported handling of technical tasks a connection of data sources is required. Therefore, the data transfer can occur automatically and until now unavoidable extra manual input of data into the system will no longer be necessary¹². Besides, a long-term use of an actual operating system is not possible without a platform change, whereby the conversion of an existing data base is required. Beginning with MS Access 2000, which is used as a front end, several functions used by the system are no longer supported, which causes higher costs of conversion and implementation. Although, through the adaptation of existing EIS to these requirements, the usage potential increases, it is out of all proportion to the costs of realization.

Hence, the demand for a re-engineering of this EIS in form of an integrated system¹³ arises.

⁶ Widespread systems with a determined functionality are called standard systems (e.g. MS-Office, SAP).

⁷ In this context a method for embedding or connection of system components is called integration approach.

⁸ The analysis and modification of a system for a new development and implementation in a new form is called re-engineering.

⁹ A stand alone system consists of the complete functioning programs. No further external software support is required. In this context: systems without any connection to external software.

¹⁰ Kramer in Hilty et al. (1994), P. 55

¹¹ Multiple existing of the same data in a data base is called redundancies. For redundancies avoiding cf. Meuche in Schimmelpfeng et al. (1998), p. 41.

¹² Jahr in Schimmelpfeng et al. (1998), p. 59; cf. Henn; Winter-Sattler in Schimmelpfeng et al. (1998), p. 109

¹³ Schimmelpfeng, Henn; Winter-Sattler in Schimmelpfeng et al. (1998), p. 11

3 Description of the Developed Integrated Scenario

Within this project the developed concept of an integrated system for environmental information represents a distributed integrated system. This system, which is called System D¹⁴, is shown in figure 1. It is based on a division into A- and B-systems¹⁵ that was carried out in the project of the Fraunhofer institute. Integrated A-systems should be replaced, if it is possible, by standard systems. The advantage in this case is the fact that standard systems of the same provider are able to communicate natively with each other. Costly self-programming of interfaces between the system components is no longer necessary. The conversion is based on the BEIS – Integration Approach of data warehouses¹⁶. The high requirements to reporting functionalities can be efficiently met by flexible output- and aggregation-functions of a Business Information Warehouse (BW)¹⁷. The data of the standard systems flows into a common environmental database. Because of the specific data structuring in table form, a relational database is recommended. This central database is used as a data source for the BW. Furthermore A-systems, whose functional extent can not be covered by standard systems, are connected to the BW to meet their demand on integration. Communication runs via standardized output formats or adapted BAPI-interfaces¹⁸. In BW the data, required for output, are read from the respective source systems and processed afterwards. The possibility to call external software components e.g. MS-Excel or material flow management tools¹⁹ enables processing of extensive calculations in BW. The results are mainly used as dynamic reports in the intranet and can be additionally saved as documents in an ORACLE data base. Moreover, a lot of B-systems exist. These can be connected, analogously to non SAP-A-Systems²⁰, with BW via BAPIs. Alternatively, they can exist isolated – as an “isle-solution” with an own database - parallel to the remaining integrated systems. The released reports of these isolated systems have to be managed by a separate

¹⁴ As three possible scenarios (A, B, C) have already been built (Rey, Juergens, Lang (2003) “Unterstützung bei der Entwicklung von Konzepten fuer eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS)”), the developed in this project integrated concept of the EIS is called System D or Scenario D.

¹⁵ Rey, Juergens, Lang (2003) “Unterstützung bei der Entwicklung von Konzepten fuer eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS)”

¹⁶ A Data Warehouse consists of an informative data base where static, integrated data related to the past, are stored. These data are taken from several data sources (Kraus (1997), p. 235).

¹⁷ A Business Information Warehouse (BW) consists of a combination of data bases and database management systems for the support of decision making in management.

¹⁸ The interface constructs, provided by SAP, are called Business Application Programming Interfaces (BAPIs). These interfaces can be used in standardized form or can be modified.

¹⁹ With a help of a material flow management tool, the material flows can be visualized and simulated.

²⁰ The abbreviation SEBU means here System for Registration and Evaluation of Environmental Aspects and symbolizes a tool that is used in the field eco-audit. The term LAU/HBV means here store, fill and transact/produce, deal with- or use of materials hazardous to water.

document management system and can be published as static documents in the intranet.

System integration in the business process structure occurs through a composition of data structures and data management in BW. Thereby, data have to be combined in such a way and order that a coordination of existing processes in a company is guaranteed.

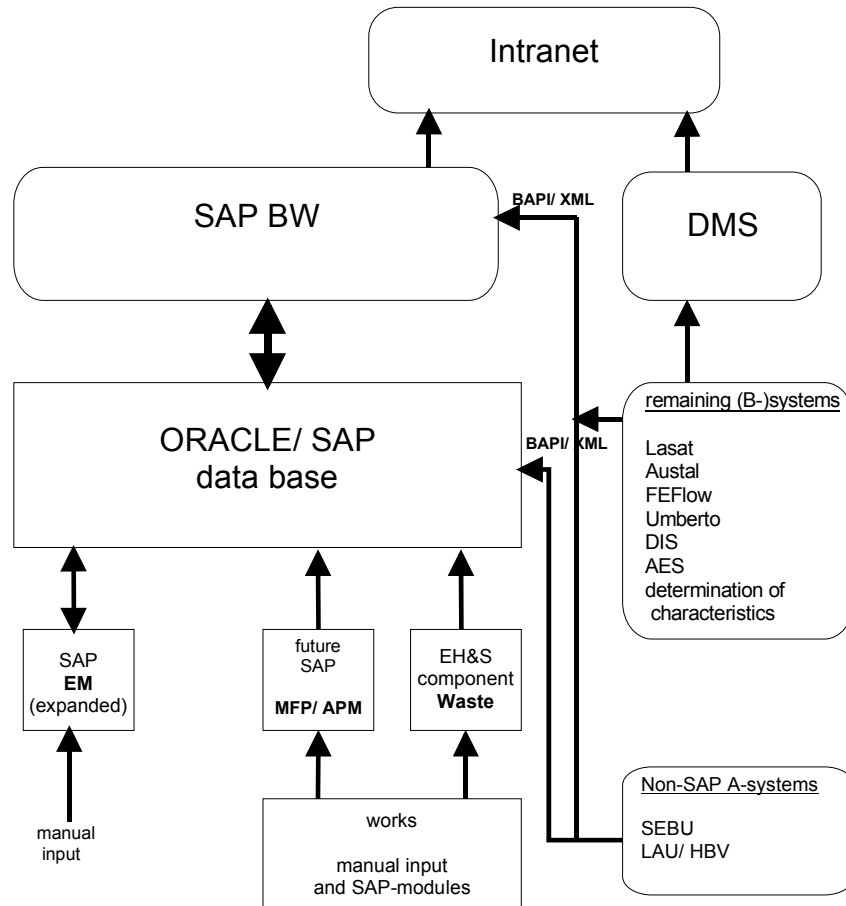


Figure 1: Integrated system of environmental information (scenario D)

Partitioning of the Scenario into Three Steps of Conversion

According to a utility based ranking of environmental-related technical tasks, the entire developed scenario D can be divided into three steps of conversion. The steps differ in their functional extent as well as in the financial costs. Nearby, scenario D1 can be gradual expanded in form of scenario D2 and D3. The goal is to fulfill the technical tasks with a highest priority in each case.

Conversion step I of the integrated entire scenario contains the BW as a central component, through which the aggregation of output data and released report are processed, especially in the intranet. The central database is mainly a data source for the BW. This component is filled with data by the SAP Emissions Management Tool. Part of the processed data extent is VAWS²¹ related. The EM-Tool covers, according to the actual knowledge, such task areas as emissions- and water protection. Further data sources from external non SAP-systems, called B-systems, can be connected with the BW. Such systems are Austal, Lasat, AES, DIS, FEFlow, Umberto²² and a system for the processing of environmental identification number belong to B-systems. The output of these components has to be in a standardized format, supported by the SAP BW. In the other case, programming of a BAPI interface for the reading of process relevant input data is required. Conversion step I represents an integrative basic scenario, which covers the most important, identified through the ranking, kernel tasks of environmental planning²³. The functional extent includes management of documents, dates²⁴, reports and plants. The plant management aspect is very important, as the actual data of the EIS is already managed plant-related. Taking this aspect into consideration, no fundamental changes of the input data structure are necessary. By the way, in industrial enterprises most of environmental-specific technical tasks are managed plant-related.

Conversion step II is an extension of the conversion step I in a form of the SAP-Component Waste. Here, additional support of the waste management task area is given.

In the conversion step III the systems MFP²⁵ and APM²⁶ are connected with the common database as an extension of the conversion step II. Thus, material data of the plants can be saved automatically to the database. According to an enterprise-intern study, the functions of these two systems are largely supported by the SAP EH&S-module.

For the conversion to the integrated scenario additional, more detailed information is necessary. This additional information has to show the calculation steps, which have to be carried out and the information flow that has to be processed for each

²¹ VAWS means prescription about equipment and specialized utilities for handling with materials hazardous to water („Verordnung ueber Anlagen zum Umgang mit wassergefaehrdenden Stoffen und ueber Fachbetriebe“).

²² Austal is a tool of a spreading model of “TA Luft”. Lasat is a tool for Lagrange simulation of aerosol transport. AES means „Altlastentexpertensystem“. This software is used in a waste management. DIS is a dump information system. The system Finite Element Groundwater Modeling – Density- Dependent Groundwater Flow (FEFlow) is used for groundwater simulation in water conservation. Umberto is a tool for modeling material flows.

²³ Task areas such as organization of experts, wastewater register, emissions register, and breakdown prescription and approval procedure are fulfilled according to “BImSchG“.

²⁴ The function of dates management is provided by the task management tool, which is integrated in SAP Emissions Management.

²⁵ MFP means material - release - process material („Material-Freigabe-Prozessmaterialien“). This system serves the data storage and management of process materials.

²⁶ APM is a system for measuring the workplaces.

technical task of the concept. As a general example of a prioritized technical task, according to the ranking, this procedure is explained in form of the VOC-balance²⁷. Every other task of the environmental planning has to be proceeded analogous. Only with the detailed information about data flow and data dependences an efficient conversion and implementation of the entire system is possible.

4 Multi-criteria Decision Making (MCDM) Method

A quality valuation of the two alternative systems in form of cost- and usefulness-related measures should be done by using the multi-criteria decision making method. As described in the previous section, Scenario D can be realized in three steps of conversion. Besides the basic scenario, for each of these steps (the actual state as well as the integrated scenarios I to III) an analysis is made with the help of the decision making method. So, the existing decision making situation altogether consists of four scenarios.

A computer based decision making system, based on the PROMETHEE II-method²⁸ allows a common evaluation of all alternatives. This result is an argumentation basis for a preference of the most advantageous system under the existing circumstances.

Determination of Criteria and Weight

For the use of the multi-criteria decision making method, the technical, economical and ecological aspects have to be represented by suitable criteria and weighed up according to the ideas of the decider (Geldermann (1999), p. 89).

For that reason a criteria list was made together with the experts' knowledge. This information was related to investment, software-support, system-handling, system usefulness in the future, degree of connections between components, meeting of the requirements of environmental technical tasks as well as support of report creation. Afterwards, a weighing of each criterion against the others was done. In such a way the different importance factor of particular system-related aspects influences the entire result (see figure 2). Finally a points-based evaluation of four scenarios was made, according to the determined criteria and characteristics of the system concepts. With a help of this evaluation the most important qualitative characteristics of four scenarios were pointed out for the use in the decision making method.

²⁷ Gruenwald (2003), p. 79, VOC means Volatile Organic Compound.

²⁸ PROMETHEE means Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations.

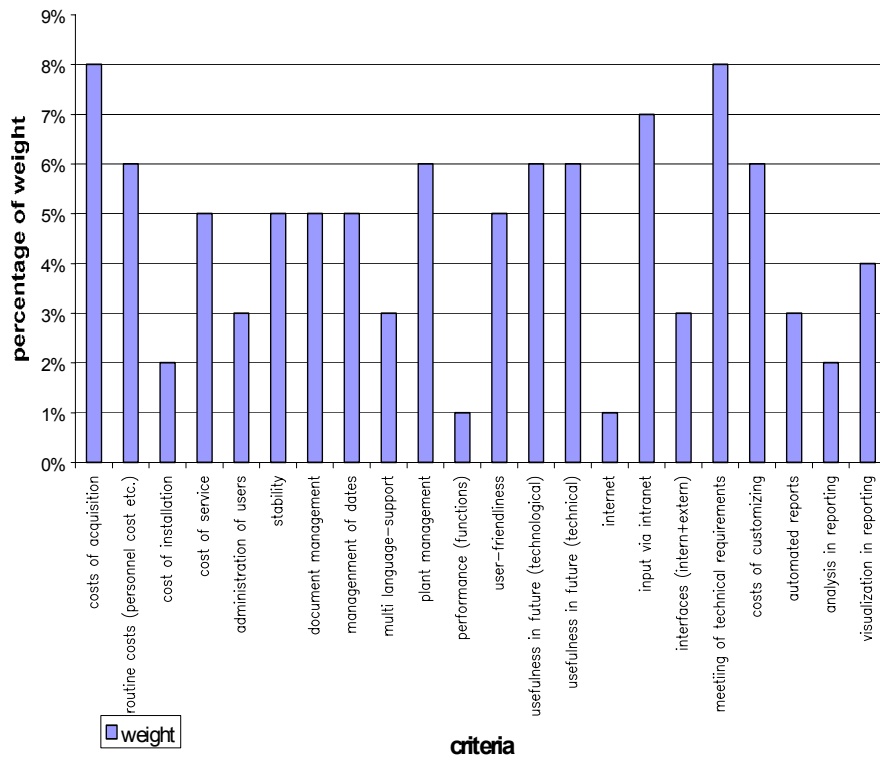
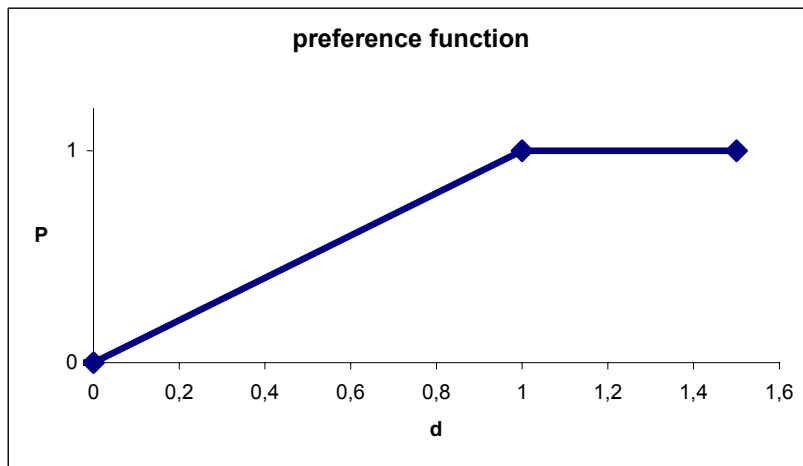


Figure 2: Graphical representation of chosen weights



Compare to PROMETHEE method in MS Excel, Geldermann (1998), Geldermann (1999), p. 100

Figure 3: Preference function representation

Results and Analysis of the Method

For the analysis of the input data, as shown in the decision making table, an extra preference function for each criteria has to be defined. It can be specified by up to four parameters. For the evaluation of four alternative scenarios, each of them has an identical linear function as a basis. Input values are in the interval [0, 1]. Also in this interval a steady increase of the decider's preference will occur until reaching a maximum ($p = 1$). Thus, preference straight line starts at the point of origin and reaches its maximum at a criteria value of $d = 1$.

These parameters describe the course of preference function, shown in figure 3. Moreover, all input values for the use of PROMETHEE method are given.

PROMETHEE algorithm builds for each alternative the net flow²⁹ (Phi Netto) as a decision making basis. The alternative with the highest net flow should be preferred. The result of PROMETHEE method, used for the evaluation of scenarios, is shown in table 1.

	Phi Plus	Phi Minus	Phi Net
Current system	0,121	-0,444	-0,323
Integr. Scenario I	0,148	-0,061	0,088
Integr. Scenario II	0,160	-0,049	0,112
Integr. Scenario III	0,171	-0,048	0,123

Table 1: PROMETHEE method results

²⁹ The net flow is the difference between input- and output flow.

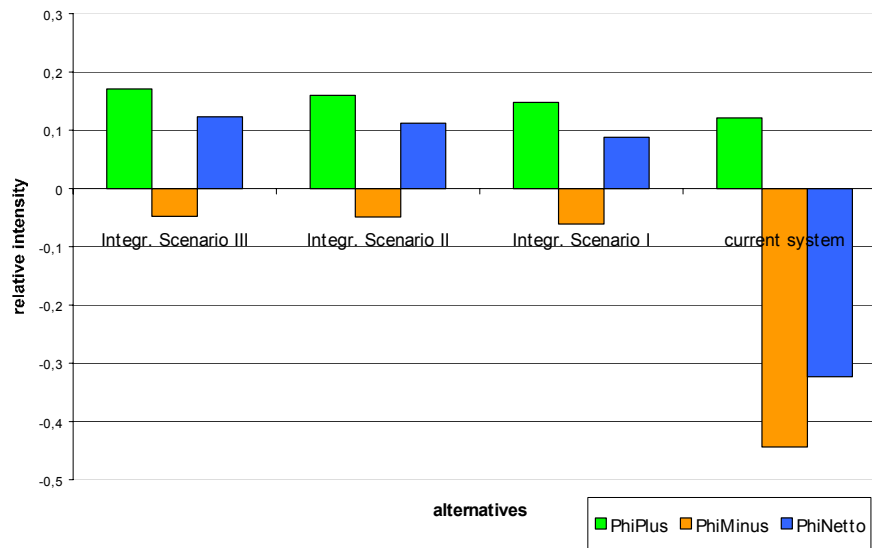


Figure 4: Partial preorder as a result of MCDM method

Based on the results a partial preorder can be set up via the net flows. According to this order the results are shown in figure 4.

According to the results, the integrated scenario with the highest step of extension has the highest net flow. So, a decision should be made for this concept, as it has, together with high values in the criteria, the best cost-usefulness-relation for all scenarios. In the decision making method the value of the differences between net flows allows to do conclusions about the advantage of an alternative. Afterwards, the difference between the system in the actual state and the integrated scenario with the smallest net flow (I) is more than factor 10 higher than the difference between the integrated scenarios. This aspect obviously suggests a decision for one of the integrated scenarios. The basic idea is to provide a gradual realization of the most integrated scenario III through the conversion of the integrated basic scenario I and extending it to step II and III. It is meaningful because of the lower difference between the scenarios I and II in contrast to the scenarios II and III.

For a review of the results, a sensitivity analysis is recommended. All existing weights of the criteria are in a large distance to the respective insensitivity limit. So, the results of PROMETHEE method are stable in relation to the shifts of criteria weights.

6 Conclusion and Outlook

Task of this project was the development of a concept for an integrated system for environmental information. One of the most important criteria was to meet requirements of the most relevant technical tasks. According to the information available during the concept the development and technical knowledge of the environmental planning department, the requirements of the most relevant environmental technical tasks determined by the usefulness-value-based ranking can be largely met by SAP-components EM and EH&S. For tasks not covered by a system, processing is done in a form of separate single system, which delivers a result to the SAP BW in the same way like the SAP EM and EH&S Tools do. There, a purposeful extraction of required data from a multitude of heterogeneous source systems as well as the aggregation and further processing of this information is possible. Especially generating released reports, which are very important for environmental planning, can be managed by using the Business Explorer of BW. Connecting a GIS tool for geographical visualizations is also possible and is supported by the BW.

Through the integration of often used system components with a high degree of cross-linking in form of standard systems as well as connection to external systems, not only data transfer time between several modules is shorter but also the extent of stored data is reduced by the doubled data storage being dropped. This causes a reduction of cost in data input. Altogether an optimization of task- and data processing is reached.

In the case of VOC-Balance a detailed task-related definition of the requirements is made in this paper. It is also a basis for the implementation of data processing technical concept in this special task area. In this case all technical tasks are to manage for the conversion of the entire system.

Besides the concept of an integrated system for environmental information, a decision making model for (environmental) information systems for common use is another result of this project.

Under given circumstances, PROMETHEE II method can be used without any limits in the decision making situation, which consists of several data processing concepts. It represents, including all explained aspects, a suitable multi-criteria decision making method for the comparison of data-processing-system-concepts.

References

- Geldermann, J. (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung, Duesseldorf.
- Geldermann, J./ Rentz, O. : Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung, Karlsruhe.
- Gruenwald, C. (2003): Konzeption eines integrierten Systems fuer Umweltinformation – Fallstudie Volkswagen AG.
- Henn, S., Winter-Sattler, U. (1998): Facility Management. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte Umweltmanagementsysteme. Taunusstein, p. 109-121.
- Jahr, W.: Kombinierte Zertifizierung von Managementsystemen. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte Umweltmanagementsysteme (1998). Taunusstein, p. 53-60.

- Kramer, J. (1994): Betriebliche Umweltinformatik: Informationssysteme verdraengen Inselloesungen. in Hilty; Jaeschke; Page, Schwabl: Informatik fuer den Umweltschutz, 8. Symposium, Hamburg 1994, Band II: Anwendungen fuer Unternehmen und Ausbildung (1994). Hamburg, p. 55-66.
- Kraus, M. (1997): Informationsmanagement im betrieblichen Umweltschutz – Strategien und Architekturen Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Dissertation, University Saarbruecken.
- Meuche, T. (1998): Prozessorientiertes integriertes Managementsystem. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte Umweltmanagementsysteme. Taunusstein, p. 41-51.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Berlin, Heidelberg, NewYork.
- Rey, U., Juergens, G., Lang, J. (March 2003): Vorlaeufiger Ergebnisbericht: Unterstuetzung bei der Entwicklung von Konzepten fuer eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS). Unpublished.
- Schimmelpfeng, L., Henn, S., Winter-Sattler, U.: Intergration von Managementsystemen (Vorwort und Einfuehrung). in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte Umweltmanagementsysteme (1998). Taunusstein, p. 7-14.

Konzeption eines Integrierten Systems für Umweltinformationen – Eine Fallstudie

Jorge Marx Gómez, Christian Grünwald, Dirk Rosenau-Tornow

TU Clausthal
Institut für Informatik
Julius-Albert-Str. 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
gomez@informatik.tu-clausthal.de

Zusammenfassung:

Die häufig für mehrere Aufgabenbereiche genutzten Datenquellen eines Unternehmens in Kombination mit einer zunehmenden Anzahl betrieblicher Fachaufgaben erfordern integrierte DV-Systeme, die benötigte Informationen aus heterogenen Quellsystemen beziehen sowie anforderungsgerecht aggregieren und verarbeiten können. Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept für ein Umweltinformationssystem basiert auf Standardsystemkomponenten in Verbindung mit einem Business Information Warehouse. In einer Fallstudie wird das Konzept Praxisbezogen erstellt und die Vorzüge des Systems durch ein multikriterielles Verfahren zur Entscheidungsunterstützung veranschaulicht.

Einleitung

Zur Dokumentation der nachweislichen Erfüllung vorgegebener Grenzwerte sind vom Unternehmen festgelegte Dokumente zur Prüfung durch die Behörden zu generieren. Für die automatisierte Erstellung dieser Umwelt-Reports sowie zur strukturierten, zentralisierten Speicherung der unternehmensbezogenen umweltrelevanten Daten und zur Realisierung betriebsinterner Kontrollen und Auswertungen werden verschiedene Umweltinformationssysteme (UIS) entwickelt. Ein Umweltinformationssystem (UIS) ist ein organisatorisch-technisches System zur systematischen Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung umweltrelevanter Informationen (vgl. Rautenstrauch (1999), S. 11). Die Erstellung von Umwelt-Reports besteht vor allem aus der Generierung von Umweltbezogenen Berichten. Die Zunahme und Verschärfung gesetzlicher Richtlinien und das Bestreben, möglichst alle umweltrelevanten Fachaufgaben durch eine softwareseitige Unterstützung abzudecken, verlangt nach einer stetigen Weiterentwicklung bestehender UIS hinsichtlich Funktionserweiterung und Effizienzsteigerung. Eine Fachaufgabe beinhaltet Anforderungen zu einem abgegrenzten Themengebiet.

Auch die betriebsinterne Generierung der Umweltdaten sowie der Grad ihrer Weiterverarbeitung haben sich verstärkt. Um eine Nutzung bestehender Informationen in benachbarten Systemen zu gewährleisten, ist eine geeignete Dateninfra-

struktur bereitzustellen. Eine in diesem Falle stark an das betriebliche Umfeld angepasste vernetzte Informationsverarbeitung besitzt für ein Unternehmen den Vorteil, dass die damit verbundenen betrieblichen Prozesse schneller und kostengünstiger ablaufen können. Die ohne eine automatisierte Datenübertragung erforderliche manuelle Eingabe von Werten verursacht weiteren Arbeitsaufwand und erhöht die Prozesszeit sowie die damit anfallenden Kosten. Der gestiegene Umfang an verarbeiteten Daten in Verbindung mit einer Zunahme an Datenverknüpfungen ermöglicht darüber hinaus neue Einsatzfelder für die weiterverarbeiteten Informationen. Dadurch können zusätzliche Prozesse Zeit und Kosten sparend durchgeführt werden. Die Verwendung einer neuen Basistechnologie, z.B. durch den Einsatz bisher nicht verwendeter Standardsysteme oder eines alternativen Integrationsansatzes erfordert nicht selten ein umfassendes Reengineering des bestehenden Umweltinformationssystems, um die Systemkomponenten und den Datenfluss zwischen ihnen aufeinander abzustimmen. Als Standardsysteme werden weit verbreitete Systeme mit fester Funktionalität bezeichnet (z.B. MS-Office, SAP). Ein Integrationsansatz beschreibt in diesem Zusammenhang eine Methode bzw. ein Verfahren zur Einbettung oder Verknüpfung von Systemkomponenten. Der Begriff Reengineering umschreibt die Untersuchung und Modifikation eines Systems zur erneuten Erstellung und der anschließenden Implementierung in einer neuen Form.

Problemstellung

Im Rahmen der Fallstudie existierte eine Vielzahl von fachlichen und technischen Anforderungen, die durch die bestehenden Stand-alone-Systeme nicht mehr erfüllt werden konnten (vgl. Kramer (1994), S. 55). Ein Stand-alone-System besteht aus vollkommen funktionsfähigen Programmen, die keiner externen Softwareunterstützung bedürfen. In diesem Zusammenhang sind es Systeme ohne jegliche Anbindung externer Software. Der Umfang der zu verarbeitenden Daten hat einen Grad erreicht, bei dem eine umfassende Analyse und Optimierung von Datenstruktur und Datenfluss zur Reduzierung der benötigten Speicherkapazität und Vermeidung von Redundanzen (vgl. Meuche (1998), S. 41) in der Datenhaltung unumgänglich ist. Mit Redundanz wird das mehrfache Vorhandensein von Daten in Bezug auf Datenbanken bezeichnet. Zur Prozessoptimierung in der DV-unterstützten Abarbeitung der Fachaufgaben ist eine Anbindung von Datenquellen erwünscht, so dass die Datenübermittlung weitgehend automatisiert erfolgen kann und die bisher unvermeidbare erneute manuelle Eingabe der Daten im Gesamtsystem entfällt (vgl. Jahr (1998), S. 59; Winter-Sattler (1998), S. 109). Zudem kann langfristig nicht auf eine Plattformänderung durch den Einsatz eines aktuellen Betriebssystems verzichtet werden, wodurch eine Konvertierung der eingesetzten Datenbanksysteme erforderlich ist. Ab MS-Access 2000, das als Front-End genutzt wird, werden allerdings nicht mehr alle bisher genutzten Funktionen in gleichem Maße unterstützt, so dass ein erhöhter Umsetzungsaufwand entsteht. Obwohl der Nutzenzuwachs

durch eine Anpassung des bestehenden UIS an diese Anforderungen sehr hoch wäre, steht er in keinem Verhältnis zum damit verbundenen Realisierungsaufwand.

Daraus ergibt sich die Forderung nach einem Reengineering dieses UIS in Form integrierter Systeme (vgl. dazu Schimmelpfeng; Henn; Winter-Sattler (1998), S. 11).

Darstellung des entwickelten integrierten Szenarios

Das im Rahmen dieses Projekts entwickelte Konzept eines integrierten Systems für Umweltinformationen, System D, veranschaulicht in Abb. 1, stellt ein verteiltes integriertes System dar. Es basiert auf einer Einteilung in A- und B-Systeme, die im Projekt des Fraunhofer IAO vorgenommen wurde. Da zur Neuentwicklung des Umweltinformationssystems bereits drei mögliche Szenarien (A, B, C) erstellt wurden (vgl. Rey et al. (März 2003)), wird das in dieser Arbeit entwickelte integrierte Konzept für ein Umweltinformationssystem im Folgenden als System D bzw. Szenario D bezeichnet. Die zu integrierenden A Systeme sollten, wenn möglich, durch Standardsysteme ersetzt werden. Der Vorteil liegt dabei darin, dass Standardsysteme eines Anbieters in der Regel „von Haus aus“ miteinander kommunizieren können. Eine kostenaufwändige Eigenprogrammierung von Schnittstellen zwischen Systemkomponenten entfällt. Zur Umsetzung wurde der BUIS-Integrationsansatz des Data Warehouses zu Grunde gelegt. Ein Data Warehouse besteht aus einer informativen Datenbank, in der statische, Vergangenheitsorientierte Daten gehalten werden, die aus unterschiedlichen Quellen integriert wurden (siehe Kraus (1997), S. 235). Die hohen Anforderungen an Reporting-Funktionalitäten können durch die flexiblen Ausgabe- und Aggregationsfunktionen des BW effizient erfüllt werden. Die Daten der Standardsysteme fließen dabei in eine gemeinsame Umweltdatenbank ein. Auf Grund der problemspezifischen Datenstrukturierung in Tabellenform bietet sich eine relationale Datenbank an. Diese zentrale Datenbank dient als Datenquelle für ein Business Information Warehouse (BW). Ein Business Information Warehouse umfasst eine Kombination aus Datenbanken und Datenbank-Managementsystemen zur Entscheidungsunterstützung im Management. Darüber hinaus sind A-Systeme, deren Funktionsumfang nicht durch Standardsysteme abgedeckt werden können, an das BW angeschlossen, um ihrem Integrationsbedarf gerecht zu werden. Die Kommunikation verläuft über standardisierte Ausgabeformate oder angepasste BAPI-Schnittstellen. Business Application Programming Interfaces (BAPIs) sind die von SAP zur Verfügung gestellten Schnittstellenkonstrukte. Sie können als standardisierte Formen übernommen oder modifiziert werden. Im BW werden die für die jeweilige Ausgabe benötigten Daten aus den entsprechenden Quellsystemen erfasst und zielgerichtet verarbeitet. Durch Aufrufmöglichkeit externer Software-Komponenten wie z.B. MS-Excel oder SSM-Tools sind umfangreiche kalkulatorische Verarbeitungsschritte im BW möglich. Mit Hilfe eines Stoffstrommanagement (SSM)-Tools lassen sich Stoff- und Energieströme abbilden und simulieren. Die resultierenden Ergebnisse werden größtenteils als dynamische Reportings in das

Intranet ausgegeben und können zusätzlich als Dokument in die ORACLE-Datenbank abgespeichert werden.

Darüber hinaus existiert eine Menge von B-Systemen. Diese können wahlweise analog zu den Non SAP-A-Systemen über BAPIs an das Business Information Warehouse angebunden werden. Alternativ können sie als „Insellösung“ mit eigener Datenbank parallel zum übrigen integrierten System bestehen. Die Ergebnisdokumente dieser isolierten Systeme sind über ein separates Dokumentenmanagementsystem zu verwalten und können als Dokument in statischer Form im Intranet veröffentlicht werden. Die Bezeichnung SEBU bedeutet System zur Erfassung und Bewertung von Umweltaspekten und symbolisiert ein Tool, das im Bereich Öko-Audit eingesetzt wird. Der Begriff LAU/HBV bedeutet Lagern, Abfüllen und Umschlagen/Herstellen, Behandeln oder Verwenden Wasser-gefährdender Stoffe.

Die Integration des Systems in die betriebliche Prozessstruktur erfolgt durch den Aufbau der Datenstrukturen und des Datenmanagements im BW. Dabei sind die Daten in der Weise und Ordnung miteinander zu verknüpfen, dass eine Abstimmung auf die existierenden Prozesse im Unternehmen gewährleistet ist.

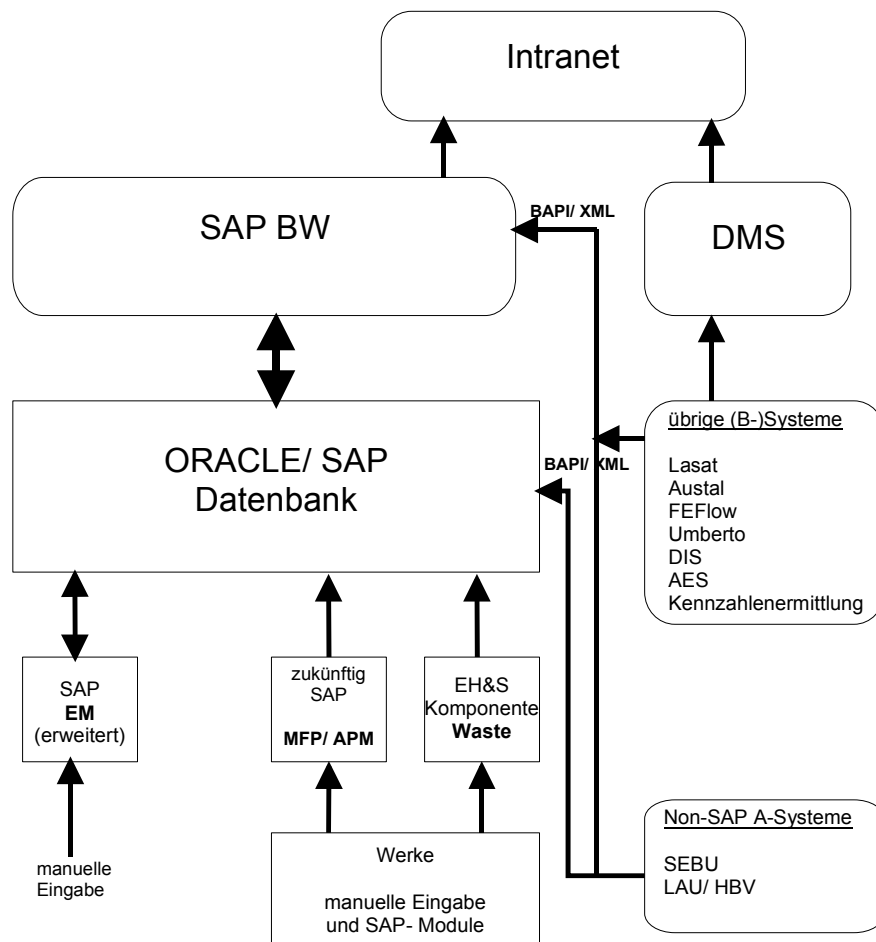


Abbildung 1. Integriertes System für Umweltinformation (Szenario D)

Aufteilung des Szenarios in drei Umsetzungsstufen

Anhand eines durchgeführten Nutzwertbasierten Rankings umweltbezogener Fachaufgaben kann das Eigenentwickelte Gesamtszenario D in drei Umsetzungsstufen aufgeteilt werden, die sowohl hinsichtlich des Funktionsumfangs als auch in Bezug auf den erforderlichen finanziellen Aufwand variieren. Dabei ist das Szenario D1 sukzessive in Form der Szenarien D2 und D3 erweiterbar. Ziel ist jeweils die Abdeckung der am höchsten priorisierten Fachaufgaben.

Die *Umsetzungsstufe I* des integrierten Gesamtszenarios beinhaltet als zentralen Bestandteil ein Business Information Warehouse, über das die Aggregation der Ausgabedaten und die Reporting-Ausgaben, vor allem in das Intranet, verlaufen. Als Datenquelle für das BW dient hauptsächlich eine zentrale Datenbank. Diese wird über das SAP Emissions Management (EM)-Tool mit Daten gefüllt. Ein Teil des verarbeiteten Datenumfangs ist VAWS-bezogen. Die Abkürzung VAWS bedeutet Verordnung über Anlagen zum Umgang mit Wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe. Das EM-Tool wird nach momentanem Kenntnisstand die Aufgabenbereiche Immissionsschutz und Gewässerschutz abdecken. Als weitere Datenquelle lassen sich externe Non SAP-Systeme, sog. B-Systeme, an das BW ankoppeln. Zu den B-Systemen gehören Austal, Lasat, AES, DIS, FEFlow, Umberto sowie ein System zur Verarbeitung von Umweltkennzahlen. Die Abkürzung Austal symbolisiert ein Tool zum Ausbreitungsmodell TA Luft. Der Begriff Lasat beschreibt ein Tool zur Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport. Die Abkürzung AES bezeichnet ein Altlastenexpertensystem, das im Bereich Reststoffwirtschaft eingesetzt wird. Der Ausdruck DIS bezeichnet ein Deponieinformationssystem. Das System Finite Element Groundwater Modeling – Density- Dependent Groundwater Flow (FEFlow) dient der Grundwassersimulation im Bereich Gewässerschutz. Mit dem Tool Umberto lassen sich Stoffströme modellieren. Die Ausgaben dieser Komponenten sollten in einem standardisierten, vom SAP BW unterstützten Format erfolgen. Andernfalls ist die Programmierung einer BAPI-Schnittstelle zum Einlesen der verarbeitungsrelevanten Daten erforderlich. Die Umsetzungsstufe I stellt ein integratives Basisszenario dar, das die durch das Ranking ermittelten wichtigsten Kernaufgaben der Umweltplanung abdeckt. Es werden die Aufgabenbereiche Sachverständigenorganisation, Abwasserkataster, Emissionskataster, Störfallverordnung sowie Genehmigungsverfahren nach BImSchG erfüllt. Der Funktionsumfang umfasst Dokumentenverwaltung, Terminverfolgung, Berichtswesen und Anlagenverwaltung. Die Funktionalität der Terminverfolgung wird durch das im Emissions Management integrierte Task Management-Tool erfüllt. Der Aspekt der Anlagenverwaltung ist von großer Bedeutung, da die Daten des UIS des Ist-Zustands bereits anlagenspezifisch verwaltet werden und somit bei Berücksichtigung dieses Aspektes eine grundlegende Änderung der Struktur der Inputdaten entfällt. Der Ist-Zustand beschreibt die momentanen Gegebenheiten eines Objektes oder Sachverhalts. Im Übrigen werden die meisten umweltspezifischen Fachaufgaben in Industrieunternehmen anlagenbezogen durchgeführt.

Die *Umsetzungsstufe II* stellt eine Erweiterung der Umsetzungsstufe I um die SAP-Komponente Waste dar. Damit kann zusätzlich der Aufgabenbereich des Abfallmanagements (Aufgaben der Reststoffwirtschaft) abgedeckt werden.

In der *Umsetzungsstufe III* werden als Erweiterung der Umsetzungsstufe II die Systeme MFP und APM an die gemeinsame Datenbank angeschlossen. Die Abkürzung MFP bedeutet Material-Freigabe-Prozessmaterialien. Dieses System dient der Datenhaltung und –verwaltung von Prozessmaterialien. Die Abkürzung APM beschreibt ein System im Bereich Arbeitsplatzmessungen. Dadurch können Materialdaten zu den Anlagen automatisch in die Datenbasis überführt werden. Die Funktionalitäten dieser beiden Systeme können nach Ergebnissen einer unternehmensinternen Studie weitgehend durch das SAP EH&S-Modul abgedeckt werden.

Zur Umsetzung des integrierten Szenarios sind zusätzliche detailliertere Angaben nötig, die für jede im Konzept berücksichtigte Fachaufgabe die durchzuführenden Kalkulationsschritte und den Datenfluss der zu verarbeitenden Informationen abbilden. Als allgemeines Beispiel in Form einer nach dem Ranking zu priorisierenden Fachaufgabe wird dieses Vorgehen anhand der VOC-Bilanzierung verdeutlicht (vgl. Grünwald (2003)). Die Abkürzung VOC bedeutet Volatile Organic Compound (flüchtige organische Zusammensetzung). In allen anderen Aufgaben der Umweltplanung ist analog zu verfahren. Erst auf der Grundlage dieser Detailinformationen über Datenflüsse und Datenabhängigkeiten ist eine Umsetzung des Gesamtsystems möglich.

Multikriterielles Entscheidungsverfahren

Durch die Anwendung eines multikriteriellen Entscheidungsverfahrens soll die Qualität der beiden Systemalternativen in Form von Aufwands- und Nutzenbezogenen Größen bewertet werden. Das Szenario D ist, abhängig von der Menge eingesetzter SAP-Komponenten, in drei Umsetzungsstufen realisierbar. Neben dem Ausgangsszenario soll für jede dieser Stufen (Ist-Zustand sowie integrierte Szenarien I bis III) eine Auswertung durch das Entscheidungsverfahren erfolgen. Somit beinhaltet die vorliegende Entscheidungssituation insgesamt vier Szenarien.

Mit Hilfe eines Computerbasierten Entscheidungsunterstützungssystems, dem PROMETHEE II-Verfahren, findet eine Gesamtbewertung aller Alternativen statt. Der Begriff PROMETHEE bedeutet Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations. Dieser Ergebniswert bildet die Argumentationsgrundlage zur Präferenzierung des unter den gegebenen Umständen vorteilhaftesten der vier Systemkonzepte.

Festlegen von Kriterien und Gewichtung

Zur Anwendung des multikriteriellen Entscheidungsunterstützungsverfahrens sind Technische, ökonomische und ökologische Aspekte mittels geeigneter Kriterien abzubilden und entsprechend den Vorstellungen des Entscheidungsträgers gegeneinander abzuwägen (vgl. Geldermann (1999), S. 89).

Dazu wurde gemeinsam mit betrieblichem Expertenwissen eine Kriterienliste aufgestellt, die die Bereiche Investition, Software-Support, System-Handling, Zukunftssicherheit des Systems, Vernetzungsgrad der Komponenten, Abdeckung der umweltrelevanten Fachaufgaben sowie Unterstützung des Reportwesens umfasst. Anschließend erfolgte eine Gewichtung der einzelnen Kriterien zueinander, da auf diese Weise der Faktor der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen Systembezogenen Aspekte in das Gesamtergebnis einfließt (s. Abb. 2). Schließlich wurde eine Punktbewertung der vier Szenarien anhand der aufgestellten Kriterien und der Merkmale und Eigenschaften der Systemkonzepte vorgenommen, um ihre wesentlichen qualitativen Merkmale für das Entscheidungsverfahren herauszustellen.

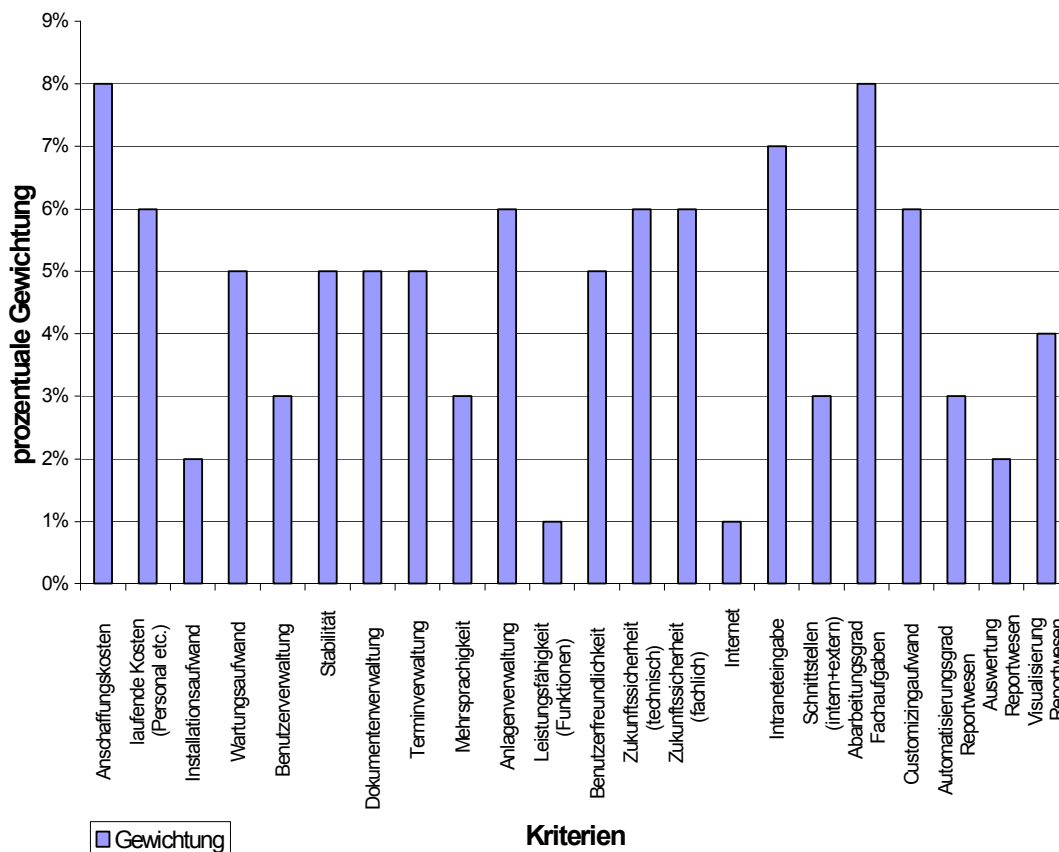


Abbildung 2. Graphische Darstellung der gewählten Gewichtungsfaktoren.

Ergebnisse und Auswertung des Verfahrens

Zur Auswertung der in der Entscheidungstabelle dargestellten Inputdaten ist zusätzlich für jedes Kriterium eine *Präferenzfunktion* zu definieren. Sie ist durch bis zu vier Parameter spezifizierbar. Zur Bewertung der vier alternativen Szenarien wird für jedes Kriterium eine identische lineare Funktion zu Grunde gelegt. Da die Inputwerte im Intervall $[0,1]$ liegen und in diesem Intervall die stetige Zunahme der Präferenz des Entscheiders bis zum Maximum erfolgen soll, beginnt die Präferenzgerade im Koordinatenursprung und erreicht bei einer Kriterienausprägung von 1 ihr Maximum. Durch diese Parameter ist der in Abb. 3 gezeigte Verlauf der Präferenzfunktion beschrieben und insgesamt alle Inputgrößen zur Anwendung des PROMETHEE-Verfahrens gegeben (vgl. PROMETHEE-Verfahren in MS Excel, Geldermann (1998); Geldermann (1999), S. 100).

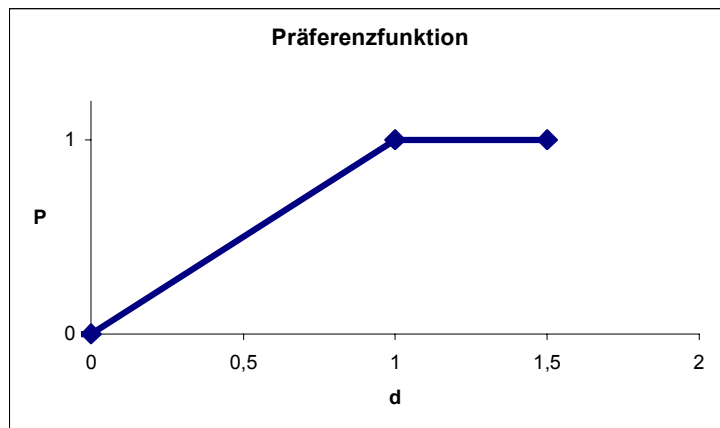


Abbildung 3. Verlauf der Präferenzfunktion.

Der PROMETHEE-Algorithmus bildet zur Entscheidungsgrundlage für jede Alternative die Nettoflüsse (Phi Netto). Der Nettofluss stellt die Differenz aus Eingangs- und Ausgangsfluss dar. Die Alternative mit dem höchsten Nettofluss ist jeweils zu präferieren. Das Ergebnis des auf die Szenarienbewertung angewendeten PROMETHEE-Verfahrens zeigt Tab. 1.

	Phi Plus	Phi Minus	Phi Netto
Ist-Zustand	0,121	-0,444	-0,323
Integr. Szenario I	0,148	-0,061	0,088
Integr. Szenario II	0,160	-0,049	0,112
Integr. Szenario III	0,171	-0,048	0,123

Tabelle 1. Ergebnisse der Anwendung des PROMETHEE-Verfahrens.

Aus den Ergebniswerten lässt sich anhand des Nettoflusses eine partielle Präordnung der untersuchten vier Alternativen von Systemkonzepten aufstellen. Nach dieser Ordnung sind die Ergebniswerte in Abb. 4 dargestellt.

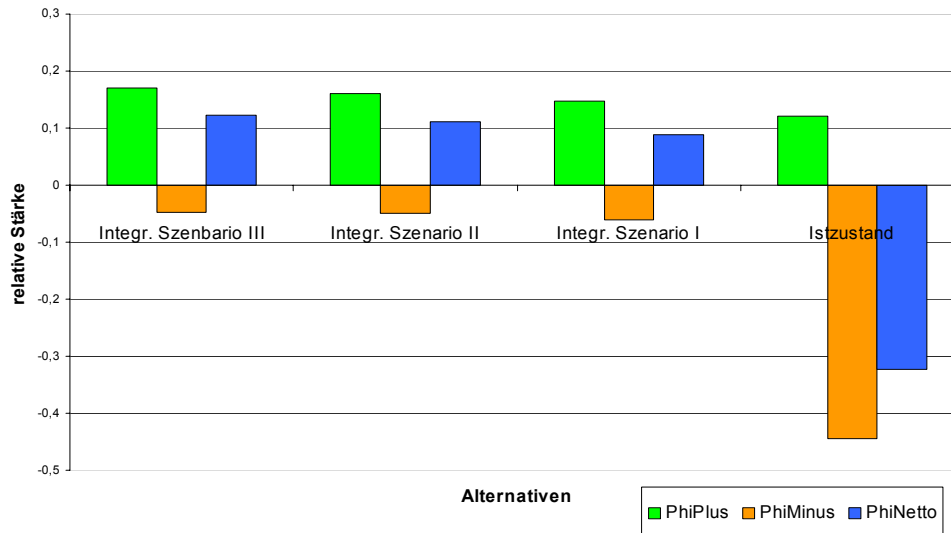


Abbildung 4. Partielle Präordnung für die Auswertung des MADM-Verfahrens.

Demnach besitzt das integrierte Szenario in voller Ausbaustufe (III) den höchsten Nettofluss. Eine Entscheidung sollte im Idealfall für dieses Konzept fallen, da es, bedingt durch seinen hohen Kriterienerfüllungsgrad im Vergleich zu den übrigen Systemalternativen, das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis der betrachteten Szenarien besitzt. Im Verfahren zur Entscheidungsunterstützung lässt die Höhe der Differenzen zwischen den Nettoflüssen zusätzliche Schlüsse auf den Grad der Vorteilhaftigkeit einer Alternative zu. Danach ist die Differenz zwischen dem am geringsten bewerteten System im Ist-Zustand und dem integrierten Szenario mit dem geringsten Nettofluss (I) um mehr als Faktor 10 höher als die Bewertungsdifferenz zwischen den integrierten Szenarien. Dieser Aspekt legt in offensichtlicher Weise die Entscheidung zugunsten eines der integrierten Systeme nahe. Der Grundgedanke der sukzessiven Realisierung des am weitesten integrierten Szenarios III durch Umsetzung des integrierten Basis-Szenarios I und Erweiterung desselben auf Stufe II und III wird durch die geringere Bewertungsdifferenz zwischen den Szenarien I und II im Gegensatz zu den Szenarien II und III untermauert.

Um die Aussagefähigkeit der erhaltenen Ergebnisse beurteilen zu können, ist die Durchführung und Auswertung einer Sensitivitätsanalyse angebracht. Alle existierenden Kriteriengewichtungen liegen in großem Abstand zur jeweiligen Sensitivitätsintervallgrenze. Somit stellen die Aussagen des PROMETHEE-Verfahrens ein stabiles Ergebnis in Bezug auf Verschiebungen von Kriteriengewichtungen dar.

Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabenstellung dieses Projektes war die Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen. Ein Oberkriterium war die Abdeckung der wichtigsten Fachaufgaben. Nach den zum Zeitpunkt der Entwicklung des Konzepts verfügbaren Informationen und dem Expertenwissen der Umweltplanung wird davon ausgegangen, dass die über ein Nutzwertbasiertes Ranking ermittelten relevantesten Umweltbezogenen Fachaufgaben durch die SAP-Komponenten EM und EH&S weitgehend erfüllt werden. Für Aufgaben, die durch diese Systeme nicht erfüllt werden, erfolgt die Abarbeitung in Form separater Einzelsysteme, die ihre Ergebnisdaten, ebenso wie die SAP EM- und EH&S-Tools an ein SAP BW liefern. Dort ist eine Zielgerichtete Auswahl benötigter Daten aus einer Vielzahl heterogener Quellsysteme sowie die Aggregation und Weiterverarbeitung dieser Informationen möglich. Vor allem lässt sich die für den Bereich der Umweltplanung wesentliche Erstellung von Reporting-Dokumenten über den Business-Explorer des BW durchführen. Auch die Anbindung eines GIS-Tools für geographische Visualisierungen wird vom BW unterstützt.

Durch die Integration häufig verwendeter Systemkomponenten mit einem hohen Vernetzungsgrad in Form von Standardsystemen sowie die Anbindung externer Systeme verkürzen sich nicht nur die Datenübertragungszeiten zwischen den einzelnen Modulen. Zusätzlich reduziert sich der Umfang der gespeicherten Daten durch das Entfallen doppelter Datenhaltung. Dies hat eine Aufwandsreduzierung bei der Dateneingabe zur Folge. Insgesamt wird durch die alternative Systemstruktur eine Optimierung von Aufgabenbearbeitungs- und Datenverarbeitungsprozessen erreicht.

Im Falle der VOC-Bilanzierung ist in dieser Arbeit eine detaillierte Aufgabenbezogene Anforderungsdefinition vorgenommen worden, die als Grundlage zur Implementierung des DV-technischen Konzepts im Bereich dieser Fachaufgabe dienen soll. In dieser Weise ist zur Umsetzung des Gesamtsystems mit allen Fachaufgaben zu verfahren.

Neben dem Konzept für ein integriertes Umweltinformationssystem bildet ein allgemein anwendbares Entscheidungsmodell für (Umwelt-)Informationssysteme ein weiteres Ergebnis dieser Arbeit.

Unter den in diesem Projekt gegebenen Voraussetzungen ist das PROMETHEE II-Verfahren ohne Einschränkungen auf die durch mehrere DV-Konzepte gebildete Entscheidungssituation anwendbar. Es stellt unter Einbeziehung aller genannten Aspekte ein unter diesen Voraussetzungen geeignetes multikriterielles Verfahren zur Entscheidungsunterstützung für Vergleiche von DV-Systemkonzepten dar.

Literaturangaben

- Geldermann, J.; Rentz, O. (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung. Karlsruhe.
- Geldermann, J. (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung. Düsseldorf.
- Grünwald, C. (2003): Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformation – Eine Fallstudie
Diplomarbeit.
- Kraus, M. (1997): Informationsmanagement im betrieblichen Umweltschutz – Strategien und Architekturen
Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Dissertation, Universität Saarbrücken.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Berlin, Heidelberg, New York.
- Rey, U.; Jürgens, G.; Lang, J. (März 2003): Vorläufiger Ergebnisbericht: Unterstützung bei der Entwicklung von
Konzepten für eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS). o.O. Unveröffentlicht.
- Schimmelpfeng, L.; Henn, S.; Winter-Sattler, U. (1998): Integration von Managementsystemen (Vorwort und
Einführung). in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte Umweltmanagementsysteme. Taunusstein.
S. 7-14.
- Meuche, T. (1998): Prozessorientiertes integriertes Managementsystem. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen:
Integrierte Umweltmanagementsysteme. Taunusstein. S. 41-51.
- Jahr, W. (1998): Kombinierte Zertifizierung von Managementsystemen. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen:
Integrierte Umweltmanagementsysteme. Taunusstein. S. 53-60.
- Henn, S.; Winter-Sattler, U. (1998): Facility Management. in Schimmelpfeng, Henn, Jansen: Integrierte
Umweltmanagementsysteme. Taunusstein. S. 109-121.
- Kramer, J. (1994): Betriebliche Umweltinformatik: Informationssysteme verdrängen Insellösungen. in Hilty;
Jaeschke; Page; Schwabl: Informatik für den Umweltschutz, 8. Symposium, Hamburg 1994, Band II:
Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung (1994). Hamburg. S. 55-66.

Development and Validation of an XML Schema for Automated Environmental Reporting on XML Basis

Jorge Marx Gomez, Christoph Hermann¹
Ralf Isenmann²

Abstract

Today automated environmental reporting requires an application of modern sustainable technologies in order to fulfil the exalted claims of the target groups. An advantageous approach is introduced here for a processing of the growing information supply and the generated environmental reports. This approach is usable to semi-automatically create XML Schemas and to check environmental reports, generated in XML, for formal correctness. This paper discusses the advantages and disadvantages of the usage of XML Schemas versus the use of DTDs. Furthermore, it is explained how a XML Schema can be semi-automatically generated from an already available DTD. It will also be presented how XML Schemas can be used for validation of environmental report instances in XML.

Keywords

DTD, Environmental reports, standardization, validation, XML Schema

1 Introduction

The first environmental reports were published in Germany at the beginning of nineties. Since that time the interest on information supply and the number of different addressees has risen continuously. This requires fair environmental reporting for target groups and data preparation for different people. The first step to automated environmental reporting has already been done and it is possible to automatically manage the information flow and to generate the documents from it. This happened due to the use of XML³ and the creation of a Document Type Definition⁴ (DTD) as a basis for an application system for production and fair target group presentation of

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

² University of Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: isenmann@bior.de; brokowski@bior.de; beisel@bior.de; Internet: <http://www.bior.de>

³ see Wyke (2002)

⁴ <http://www.w3.org/TR/REC-xml>

environmental reports. The provided DTD allows the generated XML documents to be tested for formal correctness⁵.

However, to allow a better structuring of the data and an easier automated processing of standardized models, a structure of data and metadata must be standardized. Up to now it is not possible to do this by the use of a DTD. An approach suggested by the World Wide Web Consortium⁶ (W3C) is the use of XML Schema⁷. It forces a specified document structure for XML documents and then, in the next step, validates generated documents with help of XML Schema.

XML Schema is a powerful alternative to a DTD, which enables to define a class for XML documents and to validate the instances of this document, i.e. documents can be checked on structural validity. XML Schema allows the formulation of complicated restrictions (constraints) by the use of elements and attributes, which are beyond DTD possibilities. The XML Schema is a formal specification of a valid XML document whereas this schema itself is also an XML document⁸.

The exact advantages of XML Schema usage vs. DTD are explained in chapter 2 "Advantages of XML Schema versus DTD". However, in chapter 1 a short introduction to XML, DTD and XML Schema will be given in order to enable a better understanding of the precise backgrounds.

A motivation for the application of XML and XML Schema are advantages, which arise during their usage in form of an automated generation, validation and sustainability of the created environmental reports and their copies.

2 Representation of XML Schema

From DTD to XML pattern – an overview:

For example, an easy XML document with reference to a suitable DTD is:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<!DOCTYPE artikel SYSTEM "artikel.dtd">
<artikel>
<titel>Titel des Dokumentes</titel>
<teaser>Ein kurzer Abriss über den Text</teaser>
<inhalt>Ein sehr langer und interessanter Inhalt eines Dokumentes</inhalt>
</artikel>
```

Listing 1: artikel.xml

⁵ http://www.devmag.net/xml/xml_schema_einfuehrung.htm

⁶ <http://www.w3.org/>

⁷ <http://www.w3.org/XML/Schema>

⁸ <http://klever.multimedia.fh-augsburg.de/publications/talks/DECUS2001.pdf>

```
<!ELEMENT artikel (titel, teaser, inhalt )>
<!ELEMENT titel (#PCDATA)>
<!ELEMENT teaser (#PCDATA)>
<!ELEMENT inhalt (#PCDATA)>
```

Listing 2: artikel.dtd

The corresponding XML Schema is, as already described, very similar to the XML document. Generally, an XML Schema has the file extension *.xsd.

```
<?xml version="1.0"encoding="ISO-8859-1"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="artikel">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="titel" type="xs:string"/>
        <xs:element name="teaser" type="xs:string"/>
        <xs:element name="inhalt" type="xs:string"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

Listing 3: artikel.xsd

The first line of the XML Schema defines the namespace for the elements of this schema. This means it will be referenced on the XML Schema definition of the W3C, so that the parser recognizes where the elements are defined⁹. This namespace definition enfolds the whole schema and is the root element of the document. The namespace to use is defined in `xmlns`. This reference is important to avoid conflicts by using same identifiers for different purposes.

Afterwards, the element Article is defined. Article is an element with several sub-elements. `ComplexType` takes care for the definition of contained elements. Other elements are so-called "easy" elements; they contain no nesting levels. A data type, assigned to those elements, defines what type the contained data are.

An integration¹⁰ of XML Schema in a XML document occurs in contrast to DTD as follows:

```
<artikel xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="artikel.xsd">
```

Listing 4: Integration of XML Schema

The complete XML document with integrated XML Schema looks like this:

⁹ see Binstock (2003)

¹⁰ see Niedermaier (2002)

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<artikel xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="artikel.xsd">
  <titel>Titel des Dokumentes</titel>
  <teaser>Ein kurzer Abriss über den Text</teaser>
  <inhalt>Ein sehr langer und interessanter Inhalt eines Dokumen-
    tes</inhalt>
</artikel>
```

Listing 5: Complete XML Document

As far as environmental reporting is concerned XML Schema has for example the advantage, that data types for emission of pollutant amounts can be defined. This advantage is discussed in the next chapter in more detail.

3 Advantages of XML Schema versus DTD

DTDs derive from the time of XML predecessor's language SGML¹¹ and pursue the document-oriented approach, which was usual in that time. Nevertheless, XML¹² and especially XML environmental reports with the use of XML Schema are data oriented because they use different data types. XML itself is not output oriented, because the final representation of documents is defined by special formatting models¹³. So, XML is data oriented. DTDs allow basic validation of XML documents regarding elements' nesting, frequency restrictions for elements, default values, permissible attributes and attribute types. However, DTDs do not provide deep control of format, elements' data types and attribute values.

DTDs have an insufficient data type support. Only five content models are possible: sub models, ANY, EMPTY, PCDATA and mixed content. If it is once defined that an element contains character data, no further control of length, type or format is possible. For simple documents, which do not depend on a data structure, this kind of control is absolutely sufficient. Caused by the use of XML in applications with a big data amount as for example environmental reporting, a further exact control of elements' and attributes' contents is always more important. The XML Schema supports this functionality.

The XML Schema Standard of the W3C encloses the following functionalities: simple and complex data types, derivation and inheritance of types, frequency restrictions for elements, documentation, namespace sensitive element- and attribute declarations.

The most important of those functionalities is the supplement of simple data types by parsed character data and attribute values. In contrast to DTDs, schemas define precise rules for a content of attributes and elements. One should not use only sim-

¹¹ <http://www.w3.org/MarkUp/SGML/>

¹² <http://www.jeckle.de/files/UStuttgart2002.pdf>

¹³ <http://www.linux-magazin.de/Artikel/ausgabe/2002/01/xml/xml.html>

ple data types¹⁴ (more than 40 exist); it is also possible to introduce new data types, to derive new types from available ones and to reuse those from other schemas. With XML Schema one also has a possibility to verify the content of elements according to so-called text pattern, i.e. the content of elements must correspond to the regular expressions defined in the pattern.

Beside simple data types, there are also enlarged functionalities for specification of number and order of child elements for certain places in the document. Indeed, there are certain content models among DTDs, but the content models of XML Schema offer more possibilities. In DTDs one can declare only limited cardinality: whether the element is optional or not (?, *) and whether it is repeatable or not (+, *). In XML it is possible to declare cardinalities accurately and, therefore, to define exactly a number of elements, which can occur (minOccur, maxOccur).

Different people and organizations everywhere in the world exchange their XML documents. Therefore, to avoid misunderstanding of names, the use of namespaces becomes more and more important. Namespaces are fully supported in XML Schema in contrast to DTDs¹⁵. DTDs do not support the declaration of namespaces because the XML Namespaces Recommendation was published after the recommendation for XML 1.0. Different from DTDs, where elements must have a namespace-prefix, in XML Schema the validation occurs according to the combination of name space-URI¹⁶ and locally used names and not towards a prefix name.

In DTDs no standard storage location exists for documentation of single elements or for metadata e.g. producer and date. This can be realized through comments, however, in XML Schema it is solved by the element <documentation>. The main disadvantage of using XML comments to insert additional information, is that while automatically processing XML documents the parser is not obliged to keep and process the XML comments. It can happen that this information would get lost during the processing. It is also easier for an application to read additional information if these are structured like the rest of the document. If one marks additional information, like elements and attributes described by this information, with mark-up character, innumerable possibilities arise for automated documentation creation.

4 Development of XML Schema based on the existing DTD

The transformation of already existing DTD can be implemented in 3 separate steps. The first two will be considered here exactly. At the first step existing DTDs are automatically transferred with corresponding tools (here XMLSpy¹⁷) into XML Schemas. In the second step, XML Schemas will be changed manually in order to use the advantages of XML Schemas. Up to now, those manual changes had intuitive character. Nevertheless, it would be possible to develop a similar approach to Schraml¹⁸ or to do changes by means of software engineering methods. The third

¹⁴ <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/#simpleTypesTable>

¹⁵ In DTDs all elements declarations are global, i.e. applicable in each context

¹⁶ Uniform Resource Identifier

¹⁷ <http://www.xmlspy.com/>

¹⁸ see Schraml (1997)

step consists not only of usage of the advantages mentioned in chapter 3, but also in a continuation of XML Schema development.

The first two steps will be described by means of two Hasseroeder Brewery¹⁹ (environmental-report.dtd and environmental-report-part.dtd) DTDs, which are descended from Mario Krueger master thesis²⁰. Because size of a whole DTD/schema would exceed the length of this document, the DTDs are made available on-line under <http://guschtel.heim3.tu-clausthal.de/paper/>. Also environmental-report.dtd²¹ as well as environmental-report-part.dtd²² can be found there.

Step 1: Automated transfer of DTD in XML Schema:

At the first step DTDs were automatically converted into XML Schema by means of XMLSpy. One reaches this in XMLSpy simply through the menu item DTD/Schema => Convert DTD/Schema.

The dialog window as shown in figure 1 opens where one selects that the given DTD should be transferred in XML Schema.

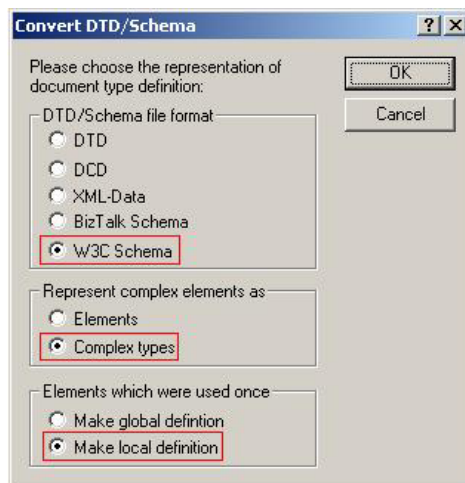


Fig. 1: Conversion of the DTD by Means of XMLSpy

As an output format a W3C XML Schema is chosen. Furthermore, it is selected that complex elements are represented as complex types, so that in the 2nd step of the DTD transformation it is possible to introduce corresponding restrictions for some data types. Elements, used only once, should be defined locally, so that there is no overlapping with other elements.

¹⁹ <http://www.hasseroeder.de/>

²⁰ see Krueger (2001)

²¹ <http://guschtel.heim3.tu-clausthal.de/paper/environmental-report.dtd>

²² <http://guschtel.heim3.tu-clausthal.de/paper/environmental-report-part.dtd>

Hence, the automatically generated XML Schemas `environmental-report.xsd`²³ and `environmental-report-part.xsd`²⁴ can be found again in the Internet.

Step 2: Manual improvement of generated XML Schema:

Other changes in XML Schema will be shown on the following two abstracts of automatically generated `environmental-report.xsd`. They will help to understand for example changes, which were made manually.

```
<xs:complexType name="addressType">
  <xs:sequence>
    <xs:element ref="name" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="organization"
type="xs:string"/>
    <xs:element name="street" type="xs:string"/>
    <xs:element name="city" type="xs:string"/>
    <xs:element name="state" type="xs:string"/>
    <xs:element name="zip" type="xs:string"/>
    <xs:element name="country" type="xs:string"/>
    <xs:element name="email" type="xs:string"/>
    <xs:element name="telephone" type="xs:string"/>
    <xs:element name="fax" type="xs:string"/>
    <xs:element ref="URL" minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

Listing 6: Bit 1 from `environmental-report.xsd`

and

```
<xs:element name="name" type="xs:string"/>
<xs:element name="day" type="xs:string"/>
<xs:element name="month" type="xs:string"/>
<xs:element name="year" type="xs:string"/>
<xs:element name="org-unit" type="xs:string"/>
```

Listing 7: Bit 2 from `environmental-report.xsd`

In the first bit, different restrictions were inserted like restrictions with regular expressions, an enumeration for the federal states and other limitations like length of the string and kind of data types. After manual modification of the first abstract (listing 6), XML Schema code looks like this:

²³ <http://guschtel.heim3.tu-clausthal.de/paper/environmental-report.xsd>

²⁴ <http://guschtel.heim3.tu-clausthal.de/paper/environmental-report-part.xsd>


```
<xs:complexType name="addressType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="name" minOccurs="0"
type="xs:string"/>
    <xs:element name="organization"
type="xs:string"/>
    <xs:element name="street" type="xs:string"/>
    <xs:element name="city" type="xs:string"/>
    <xs:element name="state">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:enumeration va-
lue="Baden-Württemberg"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Bayern"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Berlin"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Brandenburg"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Bremen"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Hamburg"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Hessen"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Mecklenburg-Vorpommern"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Niedersachsen"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Nordrhein-Westfalen"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Rheinland-Pfalz"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Saarland"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Sachsen"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Sachsen-Anhalt"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Schleswig-Holstein"/>
          <xs:enumeration va-
lue="Thüringen"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

```

    </xs:element>
    <xs:element name="zip">
      <xs:complexType>
        <xs:simpleContent>
          <xs:restriction ba-
base="xs:integer">
            <xs:minLength
value="5"/>
            <xs:maxLength
value="5"/>
          </xs:restriction>
        </xs:simpleContent>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="country" type="xs:string"/>
    <xs:element name="email">
      <xs:complexType>
        <xs:simpleContent>
          <xs:restriction
base="xs:string">
            <xs:pattern va-
lue=".+@.+\. \w{2,6}"/>
          </xs:restriction>
        </xs:simpleContent>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="telephone" type="xs:string"/>
    <xs:element name="fax" type="xs:string"/>
    <xs:element name="URL" minOccurs="0"
type="xs:anyURL"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

Listing 8: Manually Changed Bit 1

On the basis of second abstract (listing 7) it will be explained how one can insert, for example, restrictions for a date:

```

<xs:element name="name" type="xs:string"/>
<xs:element name="day">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:string">

```

```

        <xs:pattern value="(0?[1-9])|([1,2][0-9])|(3[0,1])"/>
    </xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element name="month">
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="(0?[1-9])|(1[0-2])"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element name="year">
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="[0-9]{4}"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element name="org-unit" type="xs:string"/>

```

Listing 9: Manually Changed Bit 2

The changes made, e.g. in the first bit are valid obviously only for Germany and should only show the possible changes. Also in the second bit it would be possible to change the XML Schema so that, according to ISO Standard²⁵, instead of 3 elements for day, month and year a single element of type `date` is used.

Step 3:

In the 3rd step, a new development of the XML Schema and, among other things, internationalization should take place. One could realize this, e.g. by means of „substitutionGroup“, as follows:

```

<xs:element name="abstract_head-element" type="xs:string" abstract="true"/>
<xs:element name="head-element" type="xs:string" substitutionGroup="abstract_head-element" xml:lang="en"/>
<xs:element name="kopf-element" type="xs:string" substitutionGroup="abstract_head-element" xml:lang="de"/>
<xs:element name="element-principal" type="xs:string" substitutionGroup="abstract_head-element" xml:lang="fr"/>

```

²⁵ISO 8601 Date and Time Formats (§D): <http://www.w3.org/TR/2001/REC-xmlschema-2-20010502/#isoformats>

Listing 10: Possibility of Multilingualism with XML Schema

Therefore, one would define an element `abstract_head-element`. Within this element, each of the three following elements can be used according to the desired language.

Furthermore, the new XML Schema should be splitted by means of `xsd:include` into small components. The splitting will help to receive clearness and will simplify the serviceability, as the provided XML Schema is too complex. At this point the XML Schema documentation can also contribute by means of `<documentation>`.

5 Test and Validation of XML Schema

There are a lot of tools for testing of XML environmental reports according to provided XML Schema²⁶. They enable to carry out the validation. For the purposes of a lower-cost solution only Open Source / Freeware solutions will be considered here. In the industrial environment the validation can occur and occurs at various work places. The following 3 tested functional variants are examined here:

1. XML Parser for Java of IBM (xml4j)²⁷
2. Oracle XDK²⁸
3. Sun Multi-Schema XML Validator²⁹

It was possible to validate instances of the Hasseroeder environmental report towards provided XML Schema with all 3 variants.

In the following chapter it will be explained in detail how XML files can be validated according to the provided XML Schema with the help of the XML Parser for Java developed by IBM. A necessary requirement for the usage is an installed Java 1.1³⁰ runtime.

By means of xml4j, the sample program XMLGrammarBuilder provided by IBM, demonstrates the possibilities of validating instances of XML documents against XML Schemas. This happens by an easy call of the program with several parameters:

```
C:\...\xml4j-4_2_2>java XMLGrammarBuilder
usage: java xni.XMLGrammarBuilder [-p config_file] -d uri ... |
      [-f|-F] -a uri .
.. [-i uri ...]
```

²⁶ see Van der Flist (2002)

²⁷ <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/xml4j>

²⁸ <http://otn.oracle.com/tech/xml/xdkhome.html>

²⁹ <http://www.sun.com/software/xml/developers/multischema/>

³⁰ For testing Java 1.4 was used. See <http://java.sun.com/j2se/>

options:

```
-p config_file:  configuration to use for instance validation
-d    grammars to preparse are DTD external subsets
-f | -F    Turn on/off Schema full checking (default off)
-a uri ...  Provide a list of schema documents
-i uri ...  Provide a list of instance documents to validate
```

NOTE: both -d and -a cannot be specified!

```
C:\...\xml4j-4_2_2>
```

Program Output 1: Output of XMLGrammarBuilder of IBM

Now, the environmental report of Hasseroder Brewery can be validated without errors according to the provided XML Schema:

```
C:\...\xml4j-4_2_2>java XMLGrammarBuilder -f -a
C:\...\environmental-report.xsd -i C:\...\hasseroder.xml
C:\...\xml4j-4_2_2>
```

Program Output 2: Validation of XML Schema

If the schema is not valid, an error message will appear like. in this case with an intentional mistake:

```
C:\...\xml4j-4_2_2>java XMLGrammarBuilder -f -a
C:\...\environmental-report-part.xsd -i
C:\...\hasseroder_introduction.xml

[Error] environmental-report-part.xsd:828:34: cos-element-
consistent: Fehler für

Typ 'tableType'. Mehrere Elemente mit dem Namen 'table-
header,null' und mit unterschiedlichem Typ werden in der Mo-
dellgruppe verwendet.

[Error] environmental-report-part.xsd:828:34: cos-nonambig:
"":table-header und "":table-header (oder Elemente ihrer Sub-
stitutionsgruppe) verletzen die Regel "Unique Particle Attri-
bution".
```

Program Output 3: Error Message During the Validation of Incorrect Schema

The source code for parsing and validation of the XML file instances according to the provided XML Schema is quite simple designed. The most important code elements of IBM file XMLGrammarBuilder.java are presented here:

```
// Symboltabelle und Parser vorbereiten:
SymbolTable sym = new SymbolTable(BIG_PRIME);
XMLGrammarPreparser preparser = new XMLGrammarPreparser(sym);
XMLGrammarPoolImpl grammarPool = new XMLGrammarPoolImpl();
```

```
preparser.registerPreparser(XMLGrammarDescription.XML_SCHEMA,
    null);

// Jedes angegebene Schema parsen
Grammar g = preparser.prepareGrammar(XMLGrammarDescription.XML_SCHEMA, stringToXIS((String)schemas.elementAt(i)));

// Konfiguration erstellen
parserConfiguration = new IntegratedParserConfiguration(sym,
    grammarPool);

//jede der angegebenen XML Dateien validieren
parserConfiguration.parse(stringToXIS((String)ifiles.elementAt(i)));
```

Source Code 1: Parts of IBM XMLGrammarBuilder

Thus, with the provided parser and few lines of code it is easier to integrate a validation of XML documents into the own application in order to validate without external programs. This can be done, e.g. on server side applications on Java Servlets basis in order to allow the validation and to avoid mistakes in the data.

The validation with Oracles XDK is done similarly to IBM's xml4j. It can be simply carried out with help of the provided class XSDSetSchema, which in principle offers the same functionality as XMLGrammarBuilder.java of IBM:

```
C:\...\oracle>java XSDSetSchema
Usage: java XSDSetSchema <schema_file> <xml_file>

C:\...\oracle>java XSDSetSchema C:\...\environmental-report-
part.xsd C:\...\hasseroeder_introduction.xml
Parsing C:\...\hasseroeder_introduction.xml
The input file <C:\...\hasseroeder_introduction.xml> parsed
without errors

C:\...\oracle>
```

Program Output 4: Output of XSDSetSchema of Oracle

Unlike the tools already introduced here, the Multi-Schema XML Validator (MSV) developed by Sun is not a complete implementation of a parser etc. to process XML files. Instead, it is a command line tool and Java library, which can be used for validation of XML documents according to different types of XML Schemas. MSV supports the following types of XML Schemas: RELAX NG, RELAX Namespace, RELAX Core, TREX, XML DTDs, and a part of XML Schema Part1.

Nevertheless, a validation occurs comparably:

```
C:\...\sun>javac JAXPWithMSVDemo.java

C:\...\sun>java JAXPWithMSVDemo C:\...\environmental-report-
part.xsd C:\...\hasseroeder-organisation.xml

C:\...\hasseroeder-organisation.xml is valid

C:\xml\sun>
```

Program Output 5: Command Line Call of MSV of Sun

Because of the incomplete implementation of the W3C XML Schema standards this tool cannot be fully recommended.

With the given tools it is possible in an easy way to validate instances of XML documents on the basis of XML Schema³¹. Now this can be used by environmental reporting with XML to guarantee that the information need is covered by the instances of environmental report and also is correct. Through the use of Java by the provided parser it is also possible to carry out the validation on different operating systems with different addressees of the environmental reports.

The most recommendable is xml4j from IBM because this parser, based on an open source project³², completely implements the XML Schema Standard of the W3C. Furthermore, a big developer community enhances it.

5 Summary and Perspectives

With the introduced methods it is possible to perform a semi-automatic transformation of present DTDs for environmental reports to XML Schemas. This is certainly the first step for using XML Schemas in order to take advantages of the technology. However, research should not stop at this point.

A further step would be to develop an entirely new XML Schema for a using of all advantages on the basis of the gained findings. As presented here, DTDs are not the only ones that exist and by a new XML Schema development also a standardized model for environmental reports can be created. Besides, as a basis for environmental reports, a harmonized schema should be generated. It could be done by a merge of all already available DTD/XML Schemas for environmental reports. In this case, a new developed XML Schema should offer a possibility for internationalization, among other things the multilingualism.

Also XML Schema should be unitized i.e. divided into small parts to make the support and possible extensions easier.

³¹ Walmsley (2002)

³² <http://xml.apache.org/xerces-j/>

If those and all other already mentioned advantages of XML Schema are implemented, one can create XML Schema, which can be a standard model for an environmental reporting with XML, which comes up to technological progress and development of XML Schema³³.

References

- Binstock, C. (2003): The XML schema complete reference, Addison-Wesley, Boston.
- Krueger, M. (2001): Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseroeder Brauerei GmbH. Master Thesis. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Niedermair, E. and Niedermair, M.: (2002): XML fuer Print und Screen.
- Rusty Harold, E. and Scott Means, W.: (2nd edition 2003): XML in a Nutshell.
- Schraml, T. (1997): Operationalisierung der oekologiebezogenen Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements: Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation logischer Dokumententypmodelle im Rahmen der Umweltkommunikation von Unternehmen, Dissertation, Technische Universität Dresden.
- Van der Vlist, E. (2002): XML schema - The W3C's object-oriented descriptions for XML, O'Reilly, Beijing.
- Walmsley, P. (2002): Definitive XML schema, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Wyke, A. and Watt, A. (2002): XML Schema Essentials, John Wiley, New York.

Internet Addresses

- NikKlever(2001):<http://klever.multimedia.fh-augsburg.de/publications/talks/DECUS2001.pdf>
- Thiemo Fetzer (2003): http://www.devmag.net/xml/xml_schema_einfuehrung.htm
- W3C (2001): <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/>
- W3C (2000): <http://www.w3.org/TR/REC-xml>
- W3C (2001): <http://www.w3.org/XML/Schema>
- W3C (2000): <http://www.w3.org/MarkUp/SGML/>
- W3C (2002): <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/#simpleTypesTable>
- Alcova (2003): <http://www.xmlspy.com/>
- <http://xml.apache.org/xerces-j>
- <http://www.jeckle.de/files/UStuttgart2002.pdf>
- <http://www.linux-magazin.de/Artikel/ausgabe/2002/01/xml/xml.html>
- Hasseroeder: <http://www.hasseroeder.de/>
- IBM (2003): <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/xml4j>
- Oracle (2003): <http://otn.oracle.com/tech/xml/xdkhome.html>
- Sun (2003): <http://www.sun.com/software/xml/developers/multischema/>
- Sun (2003): <http://java.sun.com/j2se/>

³³ see Rusty Harold (2003)

Harmonizing XML-based DTDs for Corporate Environmental Reports: Striving towards EML

Jorge Marx Gómez¹ and Ralf Isenmann²

Abstract. Corporate environmental reporting using the Internet is a rapidly emerging and increasingly popular method. Despite considerable progress companies have made since the last years, exploitation of the whole range of benefits of this computer-based method is still in a premature stage, yet, especially in terms of automated production and customized provision of environmental reports. Employing the extensible markup language (XML) and using a harmonized document type definition (DTD) for these leading reporting vehicles offer an array of benefits, finally elevating Internet use beyond the status of a mere online distribution channel of electronic duplicates of hard copy reports. In this chapter we present the harmonization of three XML-based DTDs that have been proposed for corporate environmental reports until now. On the basis of a harmonized XML-based DTD, companies are then in a position to provide a customized environmental reporting system, prepared by machine processing in an automated manner.

1. Using the Internet and employing XML for corporate environmental reporting

In corporate environmental reporting, using the Internet and employing XML are some of the latest and fashionable trends in the field. Today, environmental online reporting has become part of companies' daily affairs, and thus a growing number makes use of certain capabilities that this computer-based method provides: Reports, brochures, leaflets, newsletters, slides, presentations, audio sequences, video clips etc. are accessible on the WWW, e.g. several documents via download in PDF and/or online in HTML (resp. MP3 for audio and MPG for video), prepared for being pulled or automatically disseminated via email or other push technologies.

Any company improving its practice through proper Internet use will probably come across the area of XML-based *document engineering*, in particular when the focus is on structuring and standardizing communication vehicles in the form of documents like in the case of environmental reports. Together, XML-based docu-

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, Department Business Informatics, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de, Internet: <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de>

² University of Kaiserslautern, Department of Business Information Systems and Operations Research (BiOR), Gottlieb-Daimler-Straße, P.O. Box 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany, email: isenmann@bior.de; brokowski@bior.de; beisel@bior.de; Internet: <http://www.bior.de>

ment engineering represents a crucial task for establishing an ICT supported reporting approach. The conceptual core for exploiting the whole range of media-specific benefits of the Internet and XML lies in the development of a comprehensive and harmonized *XML-based DTD* for environmental reports.

A DTD is a declaration defining overall structure and possible contents of a certain group of documents. Within the whole variety of documents and other environmental communication tools, an *environmental report* is seen as the *pivotal* and *leading vehicle* (Mesterharm 2001, 549) because of its unique claim to credibility, the reliance target groups ascribe to it and its balanced nature including quantitative and qualitative data. Companies use such reports for communicating their environmental performance, usually addressing a wide range of target groups, often produced as single, free-standing documents and issued for a certain period of time.

Employing an XML-based DTD for environmental reports represents a truly forward-looking effort, intended to facilitate companies' underlying *reporting workflow* on the whole, from automated generation and comfortable administration towards customized distribution and target group tailored presentation, finally to the *benefit of all groups* involved in or affected by environmental reporting, inside and outside the companies. For example, on the basis of a harmonized XML-based DTD, companies are then in a position to provide a *customized environmental reporting system*, prepared by machine processing in an automated manner (Isenmann and Marx-Gómez 2004). In the following, we give an outline of how to harmonize three XML-based DTDs for environmental reports that have been proposed in the field of corporate environmental reporting until now.

2. Three XML-based DTDs for environmental reports: Kaiserslautern, Magdeburg, Berlin

All three XML-based DTDs proposed for environmental reports have been prepared autonomously and published more or less simultaneously: The first DTD was developed by the Department of Business Information Systems and Operations Research, Kaiserslautern University of Technology (Lenz, Isenmann and Reitz 2001). The second DTD was presented by the Institute for Technical and Business Information Systems, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Krüger 2001). The third DTD was proposed by the Institute of Information Systems, Humboldt University of Berlin (Arndt, Christ and Günther 2001).

Throwing more light onto the harmonization of environmental reports helps to elevate Internet use beyond the status of a mere online distribution channel of electronic duplicates of hard copy reports. Hence, the research groups mentioned above started a still *ongoing process* of harmonization, embedded into efforts towards shaping a unifying environmental markup language (EML).

3. Harmonisation of XML-based DTDs

The overall harmonization is based on a *sound methodology*, i.e. a sophisticated DTD design process proposed by Schraml (1997): Primarily, the main target of the

DTD has to be defined. Next, a pool of possible semantic components should be identified and structured. Then, of this pool, the actually relevant semantic components are selected and arranged in a catalogue. Finally, the document type model could be designed. As the outcome, a basic proposal on top level is suggested (fig. 2). The next step is to harmonize the approaches in a more detailed manner. Here it becomes clear however that harmonization on the second level is not a simple process as it may look like at first glance, perhaps because of rather *different design profiles* underlying the certain DTD developments (fig. 1).

	Kaiserslautern	Magdeburg	Berlin
Main target	<ul style="list-style-type: none"> - Academic approach - Standardization - Sustainability reporting - Stakeholder dialogue - Target group tailoring - Multiple media publishing 	<ul style="list-style-type: none"> - Case study: Hasseröder brewery - Automation - Life cycle analysis - Target group tailoring - Integrated communications - Multiple media publishing 	<ul style="list-style-type: none"> - Meeting EML-requirements - Using metadata
Restrictions to be considered	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS II - EN ISO 14001 - DIN ISO 33922 - National guideline of future e.V. - International guideline of UNEP 	<ul style="list-style-type: none"> - EMAS I - DIN ISO 33922 	<ul style="list-style-type: none"> - DIN ISO 33922
Information needs taken into account	<ul style="list-style-type: none"> - Employees - Customers - Suppliers - Government/local authorities - Neighbours - Environmental pressure groups - Investors - Journalists - Public 	<ul style="list-style-type: none"> - Customers - Employees - Government/local authorities - Neighbours 	
Document instances	<ul style="list-style-type: none"> - Print media - Computer-based media 	<ul style="list-style-type: none"> - Print media - Computer-based media 	

Figure 1: Design profiles underlying the DTD development

Based on the insights above, any XML-based DTD for environmental reports primarily used in Europe should fulfil at least several basic criteria (Isenmann et al. 2003, 77), i.e. recommendations of the EML initiative (Arndt and Günther 2000), and clarification of crucially important aspects for defining DTD's underlying design profile: Concerning the main target, we propose a *general, flexible* and *comprehensive* approach. Regarding the identification of possible semantic components, we recommend the inclusion of the "European Eco-Management and Audit Scheme" (EMAS II), the ISO standard 14001 on "Environmental Management Systems", the German standard 33922 "Environmental Reports for the Public", widely accepted guidelines such as "Company Environmental Reporting" proposed by UNEP or "Preparation and Distribution of Environmental Reports and Statements" by future and IÖW as well as the forthcoming ISO standard 14063 on "Environmental Communication". Further, we argue to analyse a number of *document instances* on print media and on the WWW, perhaps to identify also logical components like heading, paragraph, abstract, chart etc. For selecting relevant semantic components out of the pool of possible components, we strongly recommend to employ Schraml's methodology. All these requirements above are met through the current proposal of a harmonised DTD for environmental reports (fig. 2).

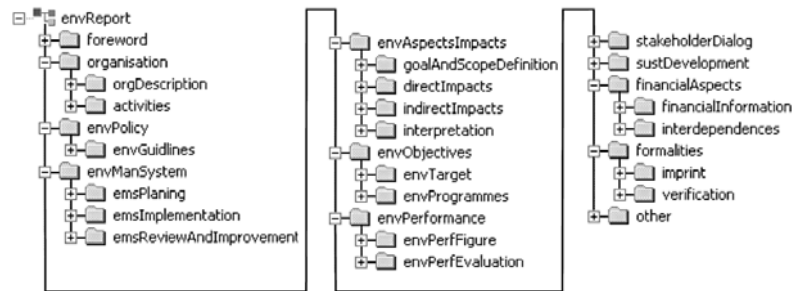


Figure 2: Proposal of a harmonised DTD for environmental reports

Upgrading the provisional result to a globally applicable approach, now we are going to take two further aspects into account: inclusion of the GRI guideline that will likely become the *de facto standard* for advanced environmental reporting worldwide, and analysis of similar trends in financial reporting, e.g. the efforts to establish a commonly accepted *extensible business reporting language* (XBRL).

Conclusions

From an *academics' point of view*, harmonizing XML-based DTDs for environmental reports is thought of to be a crucially important effort for the field of corporate environmental reporting. Such an enterprise may promote initiatives towards shaping a unifying markup language within the area of environmental informatics, perhaps in the sense of an EML. From a *practitioners' perspective*, a harmonized XML-based DTD helps companies to use the Internet properly and to fully exploit the advantages of XML for environmental reporting compared with other data formats. When employing an XML-based DTD in an internet-based environmental reporting system, the company will be in a position to carry out its tasks of information management well, using its human and organisational resources more efficiently, and communicating on environmental issues in a meaningful way, e.g. providing a number of target group tailored environmental reports, prepared by machine processing in an automated manner.

References

- Arndt, H.-K. and Günther, O. (Eds.) (2000). *Environmental Markup Language (EML)*. Marburg, Germany: Metropolis.
- Arndt, H.-K., Christ, M. and Günther, O. (2001). "Environmental Reporting in the Public Interest". *Environmental Information Systems in Industry and Public Administration*. Eds. C. Rautenstrauch and S. Patig. Hershey, USA, and London, UK, 347-354.
- Isenmann, R. and Marx-Gómez, J. (2004). "How to provide Customized Environmental Reports properly – Framework and Prototype". *Environmental Online Communication*. Ed. A. Scharl. London, UK: Springer (see chapter 13 in this book).
- Isenmann, R., Lenz, C., Marx-Gómez, J., Amelung, M. and Arndt, H.-K. (2003a). "Standardisierung XML-basierter DTDs zur betrieblichen Umweltberichterstattung". *Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme*. Eds. D. Heubach and U. Rey. Aachen, Germany: Shaker, 69-83.

- Krüger, M. (2001). *Konzeption und Entwicklung einer automatisierten Umweltberichterstattung am Beispiel der Hasseröder Brauerei GmbH*. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany.
- Lenz, C., Isenmann, R. and Reitz, C. (2001). "Zielgruppenorientierte Umweltberichterstattung von Unternehmen mit XML". *Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz*. Eds. K. Tochtermann and W.-F. Riekert. Marburg, Germany: Metropolis, 57-69.
- Mesterharm, M. (2001). *Integrierte Umweltkommunikation von Unternehmen*. Marburg, Germany: Metropolis.
- Schraml, T. (1997). *Operationalisierung der ökologieorientierten Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements*. Dissertation, Technische Universität Dresden, Germany.

DATA DEFECTS IN MATERIAL FLOW NETWORKS

- CLASSIFICATION AND APPROACHES

Jorge Marx Gómez, Silke Pröttsch, Claus Rautenstrauch

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Faculty of Computer Science

Institute for Technical and Business Information Systems

P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg

Germany

email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

ABSTRACT

In the present paper at first the basics of eco-balancing will be shortly explained. In this connection the main focus is set on material flow networks. In the software tool Umberto® material flow networks are used to model material flows which are necessary for creation of inventory analysis. Furthermore data defects in material flow networks will be classified. Causes and consequences of these data defects will be pointed out. Afterwards possible solutions with their conveniences and drawbacks will be proposed. A case study (life cycle assessment of a coating material) shows both data defects and some solution attempts. Finally a short outlook will outline some other approaches, which should be investigated in future work.

KEYWORDS: Data defects, Eco-balancing, Life Cycle Assessment, Material Flow Networks

1 Eco-balancing and Material Flow Networks

Eco-balances are the basis for assessing production impacts on environment and creation of environmental reports.

In eco-balances material and energy input of a certain investigated object is opposed to the output (see Rautenstrauch (1999), p. 21). There are three classes of eco-balances: in a process balance the input of the considered process faces the output. The company's input-output-relation to its environment is the object of a company eco-balance. In life cycle assessments the material and energy flows of the whole product life cycle will be considered: beginning with raw materials withdrawal, continuing with production processes and consumption and ending with the disposal including all transportation ("cradle to grave approach") (see Umweltbundesamt (2000), p. 1).

According to DIN EN ISO 14040 eco-balancing is divided into four phases: goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation. In the inventory analysis after the goal and scope definition the input and output flows of the balance stand vis-à-vis. In the impact assessment phase, the results of the inventory analysis are assigned to the potential environmental impacts. The outcome of impact assessment is the environmental impact balance. Finally, in the interpretation the results of inventory analysis and impact assessment will be summarised and compared to the set goal.

Creation of an eco-balance is supported by the software tool Umberto®. In Umberto material and energy flows, required for the production of inventory analysis, will be designed by means of material flow networks. Material flow networks base on Petri nets, which consist of knots (transitions, places) and edges (arrows). Transitions symbolise transformation processes of material and energy. They are specified by input-output-equations. Places represent stores or serve the distribution of material flows.

Raw materials and supplies, preliminary products, semi-finished products and by-products, waste and emissions are considered as materials. Arrows between places and transitions illustrate material flows. Arrows between two knots of the same type are prohibited. In order to create a material flow network information about the process structure (including sub-processes) is necessary. Besides, subnets serve as the refinement of the material flow network.

In order to make reliable statements about environmental impacts with the help of eco-balances it is, in principle, necessary to consider all material and energy flows. However, during the creation and evaluation of material flow networks there appear some defects, which inhibit or make it more difficult to establish realistic statements towards environmental impacts. Therefore, in the following paper the defects in material flow networks will be discussed in detail. The classification of defects is followed by the analysis of defect causes. Subsequently possible solution attempts to their removal will be presented.

2 Defect Types

Data defects in material flow networks can be roughly divided into missing data and incorrect data.

2.1 Missing Data

Modelling a material flow network requires information about the structure of the modelled (sub-) processes and corresponding material including their quantities resp. calculation rules. If this information is not available or only partly available, it is said that data are missing.

Missing data can be classified more precisely in:

- missing process data,
- missing process steps and
- missing pre-chains resp. post-chains.

With missing process data the structure of the (sub-) process, which should be modelled, is well known (e.g. technical flow diagram), but there is a lack of some (or all) relevant materials or their quantities resp. calculation rules. Materials are considered to be relevant, if they are judged as environmental relevant according to laws or other consolidated findings. The structure of the material flow network can be modelled, although, the specification of places, transition or arrows, which is necessary for the material flow network calculations, is not available (see Figure 1).

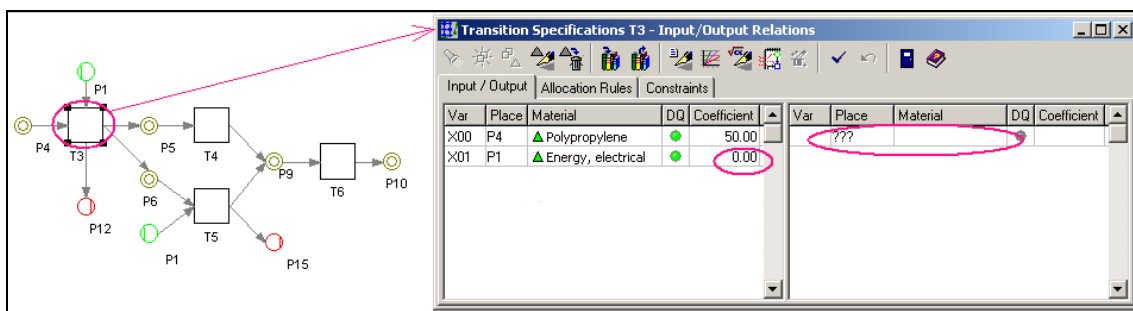


Figure 1: Missing Process Data

Missing process steps means that information about process structure of a (sub-) process is missing. A detailed modelling of the process as a subnet (see Figure 2) is, therefore, not possible, only a representation as a “black box” in form of a transition can be modelled.

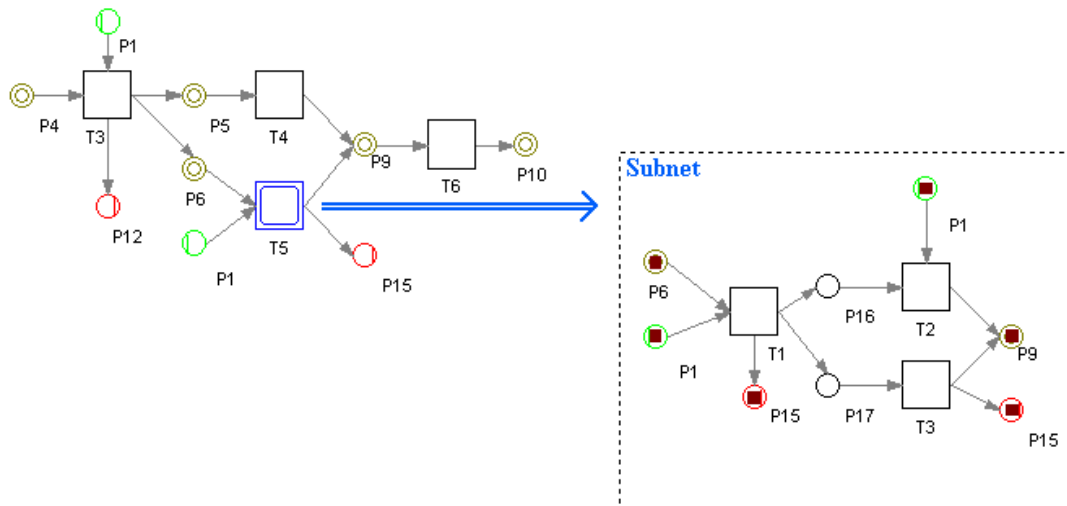


Figure 2: Detailing by Means of a Subnet

If a material flow network contains incomplete information about the production of a used material (production of raw materials resp. preliminary products and also by-products, wastes and emissions), it is said that pre-chain is missing. Similarly missing post-chain, which means that there is no information regarding future usage of a material. In a material flow network knots and edges that are connected directly or indirectly with the help of transition in the pre-area (post-area) are classified as pre-chain (post-chain) (see Figure 3). The case when in the middle of the material flow network partial chains are missing will be classified as missing process steps.

Table 1 shows the overview of missing data subclasses.

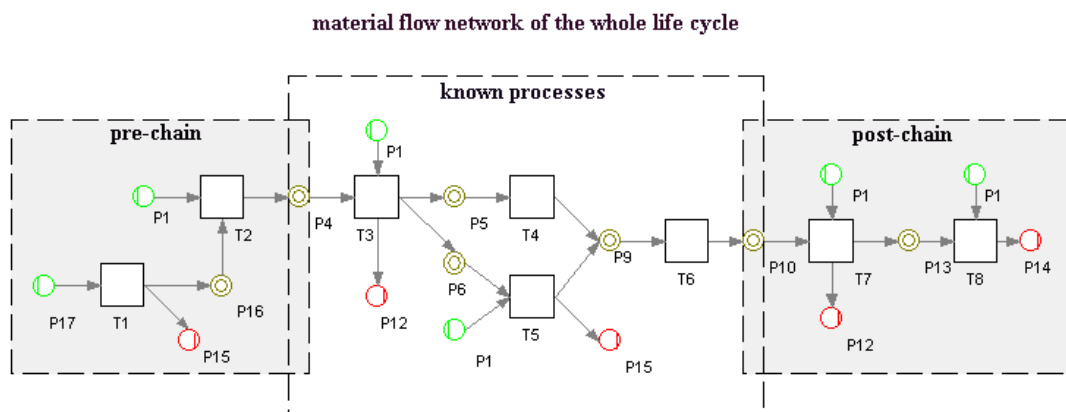


Figure 3: Pre-chain and Post-chain

On the one hand the reason for missing data is company's secrets. Publication of such data endangers the existence of an enterprise. On the other hand the measurability of data often is problematic. For instance, it is problematic for energy losses, as long as either the missing data cannot be technologically obtained or the acquisition is so expensive that it becomes inefficient. While calculating material flow network and inventory analysis, missing data cannot be taken into consideration. This results in the fact that only a limited assessment of the inventory analysis data concerning the environmental burdens is possible. The influence of the missing data can be only guessed. In this case a precision of the eco-balance will be pretended such that it does not actually exist. Mistakes in inventory analysis will be carried over to the impact assessment and interpretation (error propagation, see Ciroth (2001)).

Subclass of missing data	Process structure	Materials, quantities/ calculation formulas
missing process data	known	unknown
missing process steps	unknown	known for reordered processes
Missing pre/post-chain	unknown	unknown

Table 1: Classification of Missing data

2.2 Incorrect Data

Mistakes during acquisition, calculation or aggregation of data lead to incorrect data. It is valid for both: in-house acquired and supplied from outside data.

Measurement errors can occur during data acquisition. They are an outcome of negative outside influences and can be subdivided in gross, systematic and random errors (see Papula (1997), pp. 645). Gross errors appear because of, for example, reading errors, transfer errors or improper working measuring instruments. These errors are avoidable. Inaccurate measuring methods or incorrect measuring instruments lead to

systematic errors. Thereby the measured values are falsified in the same way. Random errors are based on non-controllable negative outside influences like slight variation in temperature or air pressure.

During the calculation of data, wrong or incorrect calculation formulas can cause incorrect data. Furthermore, incorrect data can be a result of over-simplification. This is, for instance, the case, if instead of a real value a reference value from a library or a (public) database is used. Estimated values and aggregated data like median or mean values also belong to this category. Over-simplified data deviate partly or considerably from the original data and are therefore incorrect.

After the calculation of the material flow network incorrect data entail a faulty inventory analysis. Based on this, the impact assessment does not correspond to reality but looks correct or is “plausibly” reasonable. As a result the problem is to detect incorrect data. The appearance of unrealistic results or existence of big value variations in data of different periods are potential indicators for data defects. Nevertheless, if the eco-balance is created the first time, this method can not be used because the possibilities of comparison are missing.

2.3 Possible Defect Combinations

Various defect types and defects of one type can occur in a material flow network simultaneously. The occurrence of one defect type does not exclude the occurrence of other defect types and also has no influence on their characteristics. Besides, there exists a ranking between the defect types: incorrect data are preferred to missing data. In contrast to missing data, incorrect data allow making statements about environmental impacts, even though the data differ from reality.

3 Solution Attempts

3.1 Missing Data

Concerning information about external process steps, pre- or post-chains, an acquisition of data by the eco-balance originator is not possible, because there is no access to the required information. Moreover, no statutory basis exists that could force a publication of these data. Whereas for ISO-9000-certification (quality management) it must be proved that all purchased products are produced according to this standard and the suppliers are certified, an appropriate regulation does not exist in ISO 14000 standards (environmental management). Agreeing to ISO 9000 standard it would be possible to choose only those suppliers, which make their input-output-balances available for the company (=customer), but in practice it seemed to be unreal if economic constraints are taken into consideration. .

Furthermore, it is quite possible to integrate input-output-data into supply chain management (SCM) (see Seuring (2000), p. 31). Supply chain management includes the management of material and information flows along supply and value-added chain beginning with raw material withdrawal, continue with production and distribution and end up with usage and disposal of the product (see Handfield/Nicols (1999), p. 2). In addition to optimisation of material and information flows, an integration of input-output-data into SCM enables an improvement of data availability for eco-balance production (see Seuring (2000), p. 31) because the whole value-added chain is included.

Another possibility to remove data gaps due to missing data is the use of library data (e. g. Umberto-library) or (public) databases. The advantages that make statements about environmental burdens possible stand vis-à-vis to some disadvantages: only a limited number of materials and pre-chains is available. Moreover, a danger of incorrect

data exists because library data are average values, which normally deviate from real ones.

The possibility to use values, estimated with fuzzy logic, instead of missing data is inapplicable because it would mean inaccurate calculations rather than data gaps removing. However, uncertainties would be visible because of quantification.

Another approach to remove data gaps in material flow networks is knowledge acquisition and information fusion from documents (see Kunze/Rösner (2001)). Some information is available in non- or partial structured documents. For example, operation instructions, technical documentation, laws, regulations, delivery notes etc. conditional instructions contain information about energy consumption, operating time of machines and so on. Laws, regulations and directives embody information about limited values, waste disposal etc. Information about transportation (approximate transportation distance and the length of highway and country road as output data of route planner) can be derived from delivery notes.

The usage of appropriate methods will be a problem if the paper-form documents have more or less bad quality (hand-written, copy from a copy). In this case, before the application of the method, scanning and reworking of the documents is necessary. The expenditure of this is often disproportional to favourable results.

The second problem is the information content of the documents. If process steps, pre- or post-chains are missing and data cannot be obtained from the producer, it is always possible to search for the required information in the Internet with the help of a search machine. It can also take place that the information content of found documents is insufficient for eco-balancing: because of company secrets required data like recipes, specifications or working plans etc. are not accessible. If there is a cooperation between companies and access to specifications and working plans etc. is possible, the extraction

of required data from documents is not necessary since the appropriate information can be used internally.

Machine learning gives a possibility to collect new and non-obvious facts from already known information. For material flow networks it is possible to use such methods in order to find out the values for missing data from known transition specifications. In addition to that, great number of the known transition specifications of similar technical processes is necessary, which are often available only at competitors. Besides, the received data can again be defective. Moreover, the interface between Umberto and machine learning tools should be developed because a transformation in corresponding formats is necessary.

3.2 Incorrect Data

An increasing density of measuring points in conjunction with sample calculations can help to determine incorrect measurements and with it data defects in material flow networks. In addition, preventive measures such as regular control of measuring instruments and methods, redundant or repeated measurements can be used. A data comparison of measured data and data from independent measurements like, for example, quality management data, can possibly lead to detection of defects. If aggregate data are used it is necessary to control aggregate criteria. The assumptions should be managed if statistical methods are used.

If for an investigated object balances of several periods are available, it is possible to realise incorrect data with a direct comparison of the balances. The differences, which are not due to different output or production conditions, evidence for defects.

4 Case Study: Life Cycle Assessment for a Coating Material

The topic of this case study is a creation of an eco-balance for coating material. In this case study a new developed VOC-solvent-free product is compared with a VOC-solvent-containing product.

During the modelling of the material flow network there were several problems regarding the data acquisition. Production processes of the coating material producer could be modelled. Externally supplied materials, necessary for the production (binder, solvent, filler/pigments, additives, hardener and reactive diluent) were not available. Although the recipe of the materials was known, there was no information about the production of these materials (missing pre-chain). After surveying the producers the data gaps could be partially removed. Some producers of raw materials or preliminary products gave information about input- and output-materials, but not the information about production itself (missing process steps). Regarding another material, the production processes were known, but there was a lack of precise data (missing process data). In default of a long-term study there were no information about disposal of the newly developed product (missing post-chain).

A part of the missing information could be reduced by using library data and other suppliers' information. Thereby it is assumed that these data are incorrect as long as the library data are based on mean values. Moreover, other producers possibly use other technology as those of utilised materials.

5 Outlook

With regard to detection of incorrect data the following methods have to be examined in detail. During the comparison of inventory analyses variations concerning level and structure can occur. In order to be able to find out variations between the inventory analyses a deviation degree as well as measuring method should be determined.

Another approach, based on inventory analysis comparison of similar materials (e.g. two different kinds of beer), is tracking of reference materials in the material flow networks. Reference material is a material that enters the network as input and remains there until the final product. For example, water is a reference material for beer. The reference material will be tracked and recorded during the production process. Subsequently, differences will be determined by record's comparison. Expert's knowledge concerning technical methods of production and material transformations will be combined with acquired data (information fusion) and used for interpretation.

With respect to data gaps removing, based on missing process data and information about process structure (black-box-processes), it should be resolved to what extend calculation rules can be detected or used. The next step is to find a measure for calculation rule security.

6 References

Ciroth, A. (2001): Fehlerrechnung in Ökobilanzen. Dissertation, TU Berlin.

Handfield, R. B./Nicols, E. L. (1999): Introduction to Supply Chain Management. Prentice Hall, New Jersey.

Kunze, M./Rösner, D. (2001): Eine xml-basierte Werkbank für das Document Mining. In: Lobin, H. (Hrsg.) (2001): Proceedings der GLDV-Frühjahrstagung 2001, Universität Gießen, pp. 131-140.

Papula, L. (1997): Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 3, 2nd ed. Vieweg, Braun-schweig/Wiesbaden.

Rautenstrauch (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Springer, Berlin et al.

Seuring, S. (2000): MANAGEMENT WISSEN - Stoffstrommanagement und Supply Chain Management. In: Umwelt Vol. 30, 6, pp. 30-31.

Umweltbundesamt (eds.) (2000): Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“. Umweltbundesamt, Berlin.

Material Flow Based Eco-Balancing and Evaluation of a Beer Production Process - Case Study

Jorge Marx Gómez, Claus Rautenstrauch

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institute for Technical and Business Information Systems
Postfach 4120
D-39016 Magdeburg
Tel: +49-391-6718068
Fax: +49-391-6711216
email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

Abstract

This study describes the preparation of an eco-balance to document the materials and energy which are part of the beer production process of the Hasseröder Brewery Ltd. A general introduction to eco-balances and material flow networks is followed by the description of the concrete case study. The modeling of material flows and the derivation of eco-balances is illustrated with the help of a selected process from beer production. Finally the possibilities and limitations of the balance evaluation is discussed with the aid of performance measurement systems. The article closes with a preview of future studies.

1 Introduction

1.1 Objective

The brewery has the objective of contributing on its own to a reduction or, to be precise, to an avoidance of environmental pollution arising from its industrial activity. The preparation of the eco-balance is an initial comprehensive inventory and evaluation of the environmentally relevant activities. Building upon this, environmental protection targets are derived and an environmental management system developed, which ultimately serves as the basis for certification in accordance with the EMAS-Regulation [cf. Fichter (1995), Umweltbundesamt (1995)].

The methodology of eco-balancing which provides the foundation for this study is based upon material flow networks. They are modeled and evaluated with the utilization of the software tool Umberto Version 3.1 [cf. Schmidt/Häuslein (1997), Häuslein/Hedemann (1995)]. The universal approach of the material flow networks makes it possible to employ Umberto both for the product-related eco-balancing and the operational eco-balancing [cf. Schmidt (1995)]. The balancing refers either to the complete network or to a sub-network as desired, though in the specific case a process balance was produced. The evaluation occurs with the help of various performance measurement systems, which were developed by different institutions (e.g. Swiss Eco-Point-Method or UBA Method of the Federal Ministry of the Environment Berlin) and are partly contained in the Umberto package.

1.2 Eco-Balances

Eco-balancing is a method for documenting the environmental aspects and potential environmental effects associated with a product or production process. This is done by:

- compiling an actual balance of relevant input and output flows of a production system,
- evaluating the potential environmental effects associated with these inputs and outputs,
- interpreting the results of the actual balance and effects with regard to the objective of the study.

As a result eco-balances serve the numerical registration and the interpretation of environmental effects [cf. Heinstein/Schmidt/Meyer (1995)]. The expression „eco-balance“ is a generic term for a number of different methods for the numerical registration of the environmental effects [cf. Schmidt/Schorb (1995), Seuring (1998), Rautenstrauch (1999)]. The following types of eco-balances can be named:

- *Company Eco-Balance*: This eco-balance is related to a place of production or business, i.e. to an organizational or operational unit. This eco-balance is regarded as a „Black Box“ since no analysis of the in-house operations takes place. The balance concentrates on the company's input and output of energy and materials and is frequently referred to as the basis of environmental reports.
- *Process Balance*: This eco-balance examines the flows of individual production steps specific to operation and makes a more precise look at the operational activities possible. Thus the degree of ecological harmfulness of the individual processes can be recognized in the total environmental pollution and gaps and potentials for optimization can be easily localized from this estimate.

- *LCA*: The product-related eco-balance (Life Cycle Assessment, LCA) balances the environmental effects of a product over its entire life, i.e. from the generation of energy/recovery of raw materials, preproduction, production, transport, distribution, product use or consumption and up to disposal.
- *Substance Balance*: Substance balances show lasting environmental use and environmental disturbances. Surface consumption, cultivation, and operationally-dependent landscape excavation belong to the group of enduring environmental use. Pollution of soil or ground water by the plant constitute enduring disturbances of the environment. Furthermore capital assets and inventory present in the plant are evaluated according to ecological criteria.

1.3 Material Flow Networks

A particularly flexible and efficient approach to represent material and energy flows of a system is the application of material flow networks [Möller (1995), Schmidt (1997)]. The systems can be production locations and operations of any size as well as stations in the life of the product. Consequently material flow networks are equally suitable for the preparation of company balances as well as product balances. This combination of company and product balances in one approach is one of the most important special features of the material flow networks. Material flow networks are suitable for modeling material and energy flows which originate between the system elements (e.g. between individual stages of an extensive production process) for a specific part of a real system. They thus create the basis for the preparation of eco-balances [cf. Schmidt/Schorb (1995)]. Material flow networks serve the preparation of eco-balances by listing balance-like the materials and the corresponding amounts, which are exchanged with the system environment through the inlets and outlets of the network.

In material flow networks two types of procedures are principally taken into account and differentiated:

- *Processes for the Transformation of Materials (transitions, in the network symbolized by rectangles)*: In these locations materials are converted with the help of energy. Every transition is on the one hand connected with a place from which they receive materials and on the other hand with places where they deliver materials. For every transition, how the inlet and outlet flows depend on one another can be correspondingly determined in the process shown. At the same time both the type of the materials affected and the mutual dependencies of the particular quantities can be specified.

- *(Temporary) Storage of Materials (places, in the network symbolized by circles):* Places are locations in the material flow networks where no conversion of materials occurs. They function as material storage for example; they are inlet and outlet points where material flows enter or leave the system. In view of the different functions the places can assume in the material flow networks, Umberto differentiates between the place types of input-places (inlet point), output-places (outlet point), storage-places (storage) and connection-places (direct throughput without storage).

Besides the aforementioned network elements further symbols are used in Umberto which also appear in the models here. In particular these are elements which are used by using subnetworks. Subnetworks are used in the network transformation for refinement as well as generalization in order to achieve a certain clarity in the network modeled. A hierarchical structure results through the creation of a network „behind“ an existing transition. If places in the overriding network are in conjunction with a transition, which contains a subnetwork, these places appear as network transition points in the subnetwork. This applies to the places of the type Input, Output and Connection.

The places and transitions are linked with one another by connections (links) so that a new network structure results. Connections lead either from a transition to a place or from a place to a transition. A connection between two similar network elements is not permitted. The tip of the pointer specifies the direction of the flows; a flow in the opposite direction is not permissible.

2 Material Flow Based Eco-Balancing and Evaluation

- Case Study „Beer Production in the Hasseröder Brewery“

2.1 Determination of the Goal and Framework

The Hasseröder Brewery Ltd., for which a process related eco-balance was prepared, is a business in the food industry, which exclusively produces beer of the brand „Hasseröder Premium Pils“ and consequently is a one product company.

In the submitted company eco-balance of the Hasseröder Brewery a *hectoliter of retail beer (Hektoliter Verkaufsbier, hl VB)* was selected as the functional unit, which describes the utility value of a product or the specific service and to which all data refers. The opening balance limits itself to the production site „Northwest“ at the business location „Northwest“ of the city of Wernigerode in the German state of Saxony-Anhalt. The brew-

ing year 1999 (1 October 1998 to 30 September 1999) was specified as the chronological frame of reference.

2.2 Actual Balance

2.2.1 Process Structure (Description of the Beer Production Process)

In order to be able to set out the contribution of the in-house processes to the plant's overall environmental pollution, it is necessary to survey the internal work and production flows in the actual balance and to list these in as much detail as possible. What is more, knowledge about in-house contexts, such as the overview of the raw materials, auxiliary products and factory supplies involved in the particular production process, are just as necessary. Figure 1 shows preliminary chains and production stages with their products or services. The pointers identify both the processing and the flow direction of the materials or intermediate products. On the left side of the figure the master production line, the production of retail beer, beginning with the cold wort preparation is represented. Subsequently non-filtrate is produced in the fermenting and storage cellar, which is filtered to beer in the filter cellar. The filling of the beer in returnable bottles (0.33 and 0.55 liter) as well as the filling in kegs (10, 30 and 50 liter) occurs in the bottle and KEG cellar. The right branch depicts processes that accompany production. These serve the preparation and provision of water, hot water, ice water, steam, electricity and refrigeration as well as the removal and treatment of waste water. The product stages depicted are part of the actual balancing of the Hasseröder Brewery Ltd.

The interior logistics are responsible both for the in-house transport and for the supply of the individual production areas with energy, water, refrigeration or removal of waste and waste water. Further descriptions of the beer production process can be found, for example, in [Heyse (1994), Kunze (1994), Narziss (1992)].

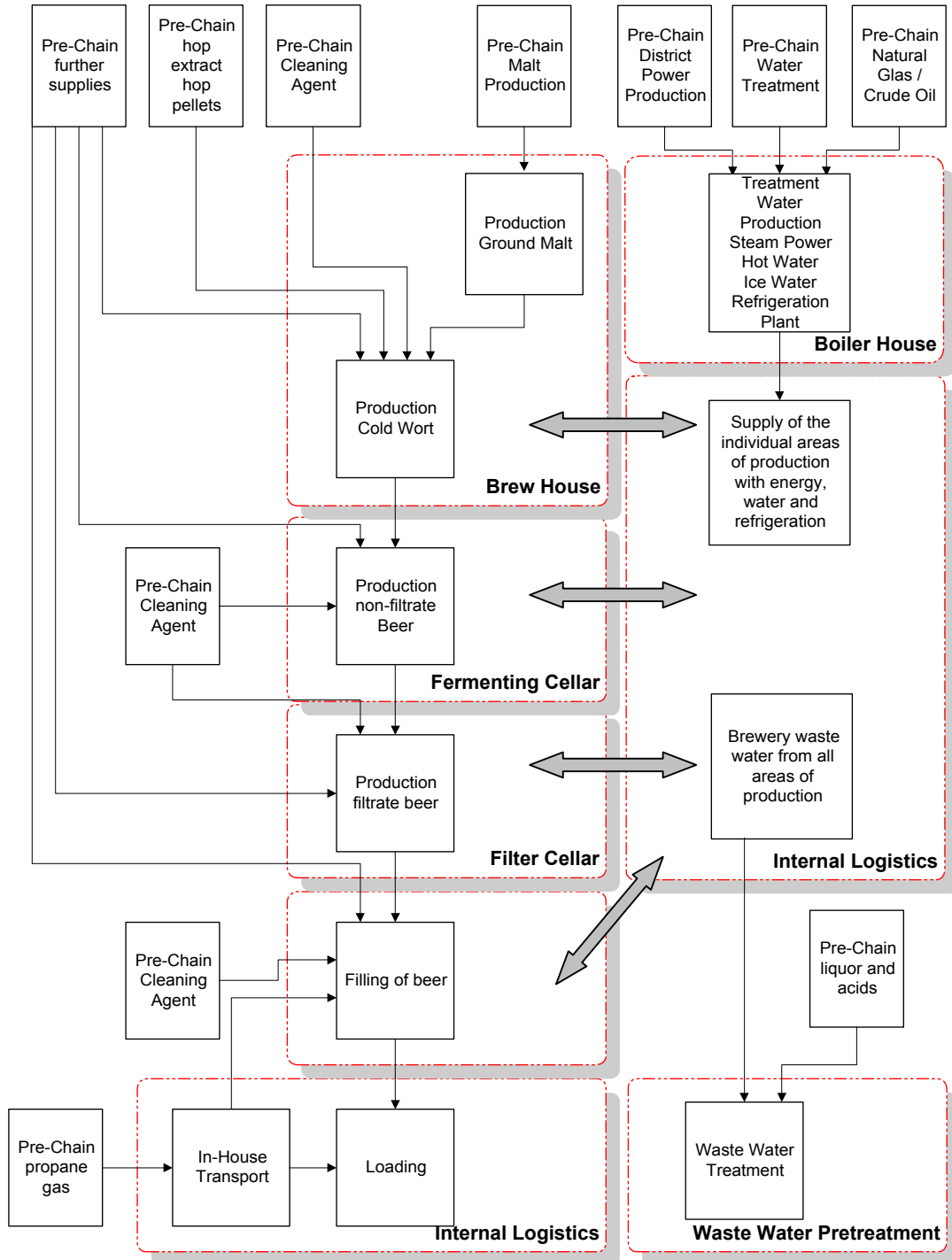


Figure 1 Process Chains of the Hasseröder Brewery Ltd. (Overview)

2.2.2 Data Collection

For the eco-balancing of production processes it is necessary to ascertain precise data about the consumption and formation of materials. Although this is theoretically conceivable, a collection of data in a business reaches various limits. Often only usage within the business is documented (purchasing department); the allocation to departments or individ-

ual plants is however impossible for different reasons. At this point „usage within the business“ must be defined. In a one product company this can be coupled to the quantity of the primary product produced. The prerequisite for this is a proportional relationship between production and consumption quantities. In addition fluctuation or sporadic usage occurs for some materials. If this occurs regularly in the overall period of time observed or if the fluctuations hover around an average, statistical methods can contribute to improving the data quality and to closing data gaps.

In other cases the effort for measurement or other acquisition is out of all proportion to the result. That is, for example, the case, if slight amounts of material are required only sporadically over long periods of time. The data collection in a company proves to be difficult to some extent. The necessary documentation is incomplete or lacking entirely. An important aid is process descriptions and recipes. Data plates with characteristic data are almost always to be found on the drive motors of the pumps and conveyor belts used in the brewery. These can provide clues for the energy consumption if other possibilities of data acquisition are lacking or are too imprecise.

2.2.3 Integrating Data and the Process Structure

After the modeling of the production process the overall model must be completed with the ascertained or calculated data. Here relative usage is important. In view of the size of the network, only process details will be presented as examples in the following figures. The windows for material and subprocess in Umberto can be seen in figure 6. The following figures show the processes of wort preparation in the brewhouse, depicted in a material flow network specified with the collected and prepared data. Figure 2 shows how crushed malt is mixed into a single mash vat with the help of water and is processed to mash in a mash tub tun and mash tun.

The process model must be made complete step by step and possibly even be corrected to a small extent. Corrections are required if through the not directly recordable material and energy flows it becomes necessary to accommodate aggregated data in the model.

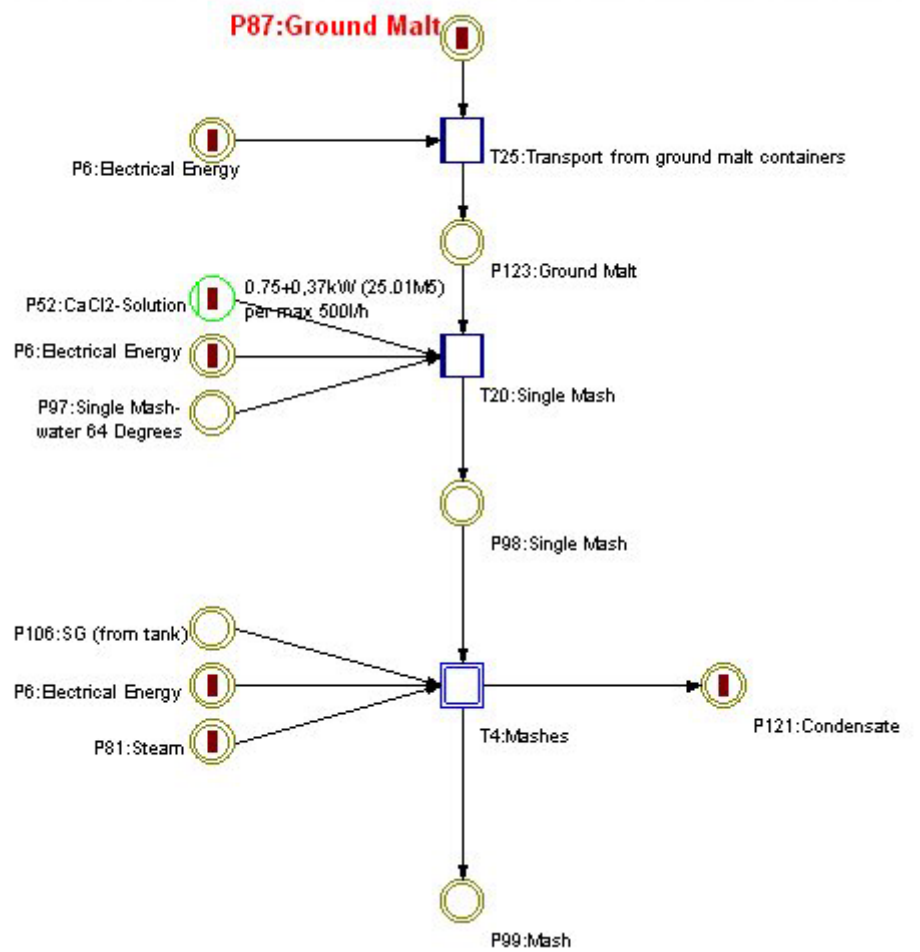


Figure 2 **Brewhouse Detail: Subprocesses of Single Mashes and Mashes**

Figure 3 shows how the mash produced is fed into the lauter tub which using the lauter lets first wort and sparge liquor wort form. The streams are collected in a heads vat and then being heated by means of a heat exchanger put in the wort cooking.

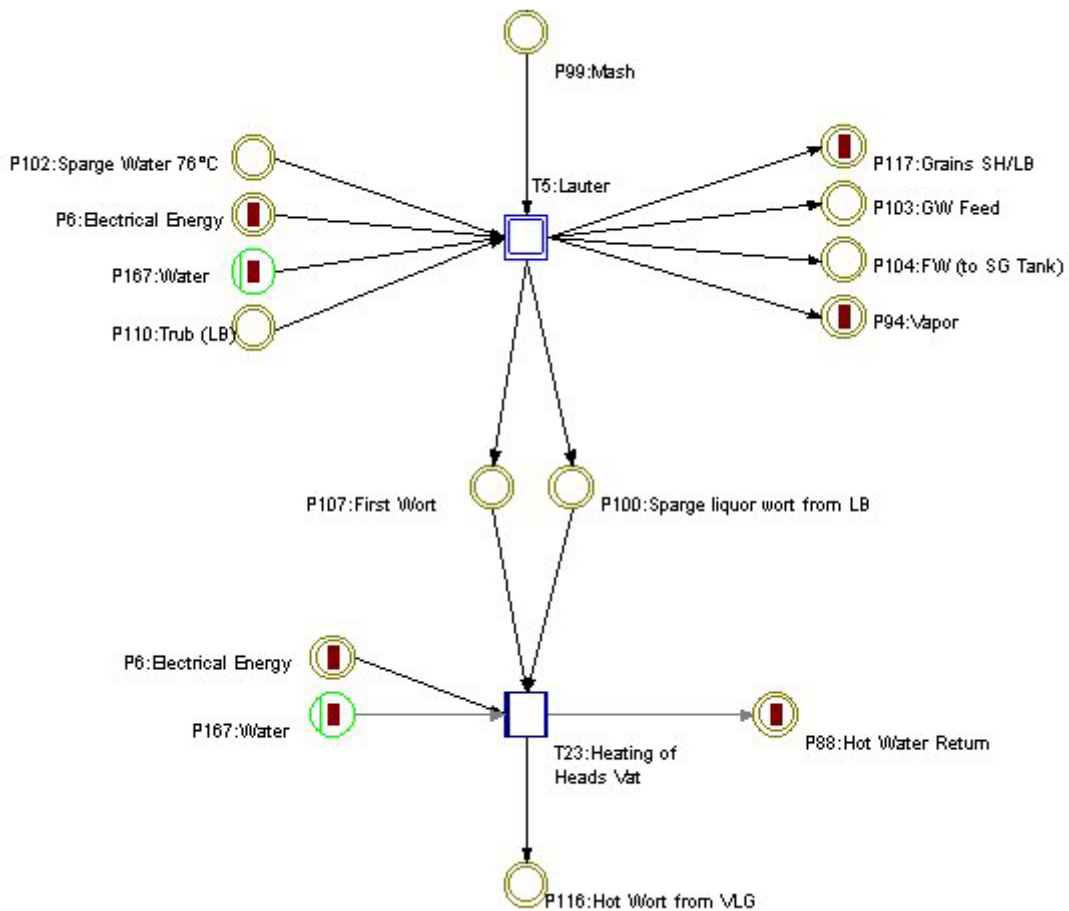


Figure 3 Brewhouse Detail: Subprocess of Lauter and Wort Heating

In the wort kettle a wort cooking takes place by means of steam in an exterior boiler. In addition a vapor compressor is used in order to save secondary energy in the cooking process. The cooked hot wort is finally put into a whirlpool in which the trub (solid residual elements in the wort) in the middle of this vat is collected and removed (to be used again). The wort is then separated (purified of very fine elements), cooled (ice water) and piped into the fermenting cellar. These process is illustrated in Figure 4.

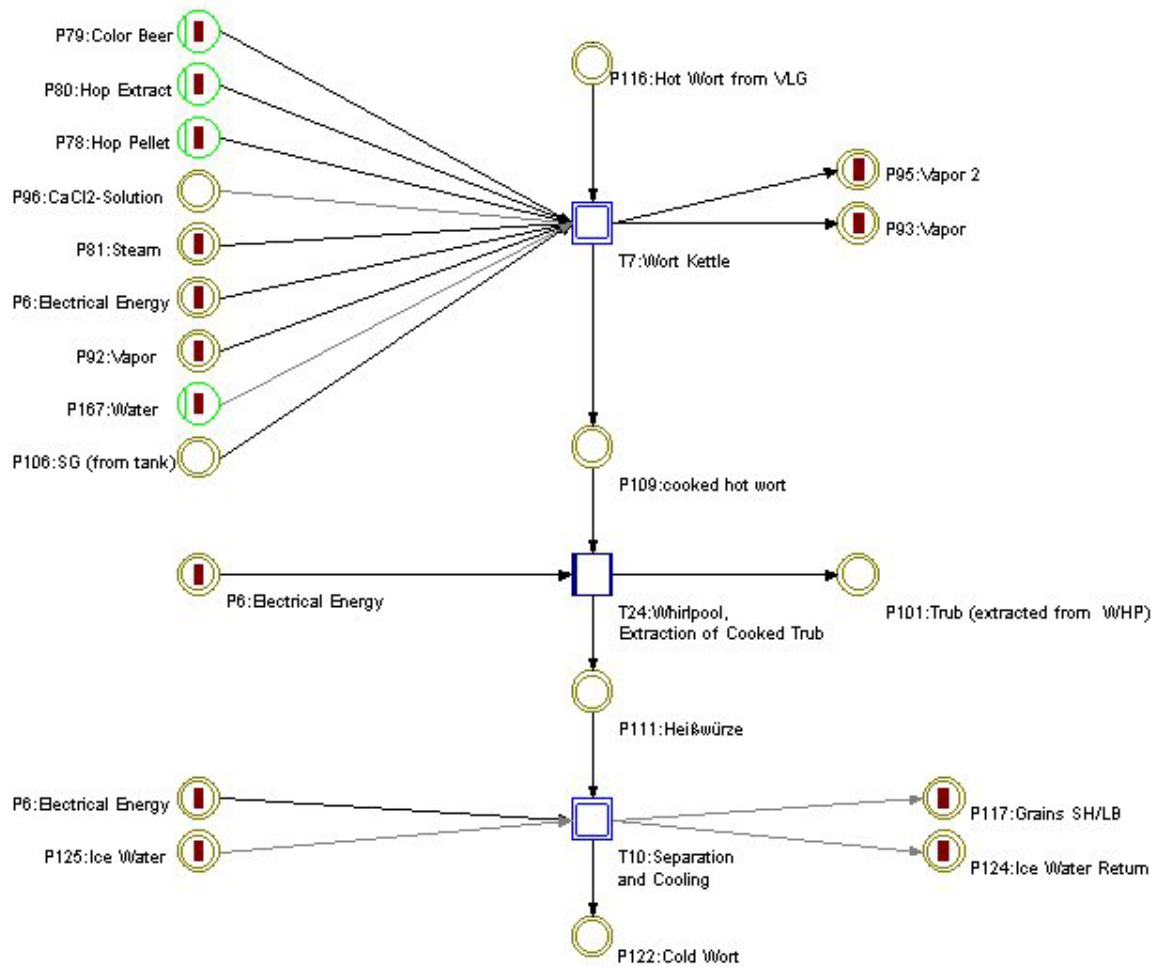


Figure 4 Brewhouse Detail: Subprocesses Wort Cooking, Separation and Cooling

Figure 5 shows a detail from the filtration. The non-filtrate (beer with yeast flocs) formed in the fermenting cellar must be freed from yeast components and proteins in order to ensure a high quality and storage quality. In the first part a filtration by means of kieselguhr takes place. This happens by means of the PVPP filtration. Finally the PVPP is removed again from the beer and pumped to the temporary storage in pressure tanks in order to come to the filling later.

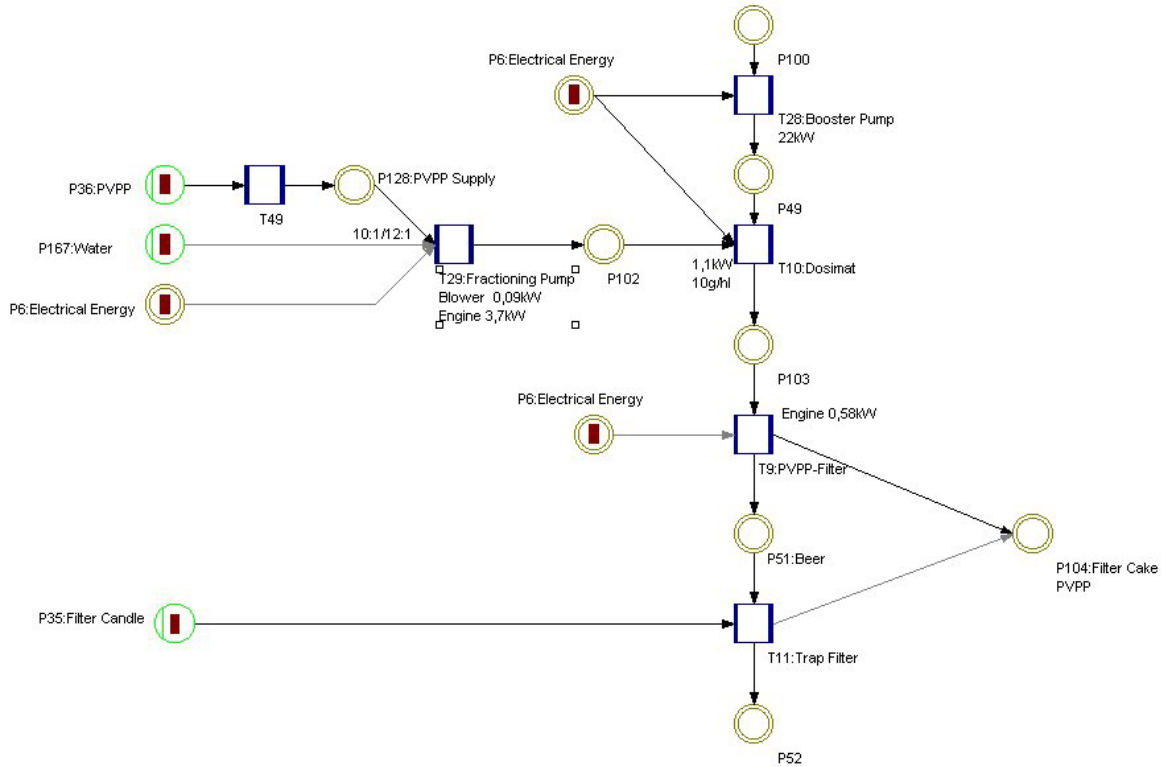


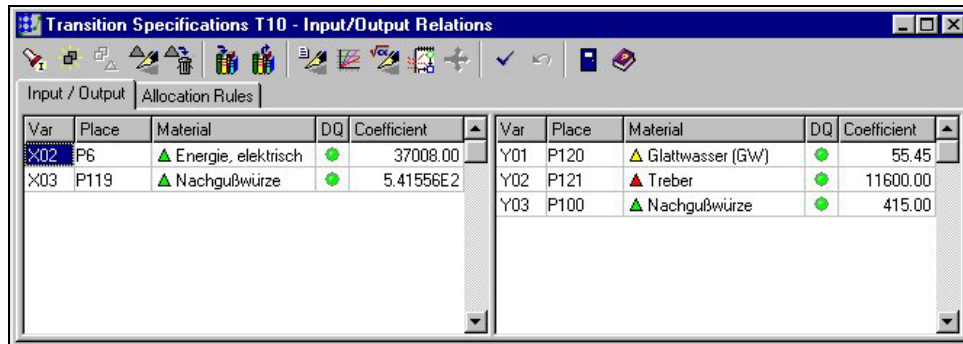
Figure 5 Detail: Filter Cellar PVPP-Filtration

The screenshot shows the Umberto 3 software interface. At the top, there's a menu bar and a project information bar. Below that is a 'Materials (Language: Deutsch)' window with a tree view on the left and a table of materials in the center. The table has columns for Material, B.Unit, D.Unit, and F.Unit. The 'Gärkeller' subprocess is shown at the bottom left, and the 'CO2-Gewinnung' subprocess is shown at the bottom right. The 'Verkaufshefe' subprocess is also visible at the top right.

Material	B.Unit	D.Unit	F.Unit
▲ Etiketten, Fass	kg	kg	kg
▲ Etiketten, Flasche	kg	Stk	kg
▲ Etiketten, Hals	kg	Stk	kg
▲ Etiketten, Rücken	kg	Stk	kg
▲ Fasskappen, alt	kg	kg	kg
▲ Fasskappen, neu	kg	Stk	kg
▲ Feststoffe UF	kg	kg	kg
▲ Filterkerzen	kg	Stk	kg
▲ FJKästen anderer Abfüller	kg	kg	kg
▲ Flaschen, neu	kg	Stk	kg
▲ Fässer, defekt	kg	kg	kg
▲ Fässer, neu	kg	kg	kg

Figure 6 Window in Umberto of Material List and Subprocesses

For every individual transition in the network a relation must be formed between the material entering and produced as well as exiting. The values entered within the entire material flow network must be consistent. Since, viewed over a longer period of time, the stored quantities of material can neither assume negative values nor grow without limit, the assumption is thoroughly plausible that the inflow of materials into storage is equal to the outflow of materials out of storage. Figure 7 shows an example of a transition specification from the area of the brewhouse.



Var	Place	Material	DQ	Coefficient
X02	P6	▲ Energie, elektrisch	●	37008.00
X03	P119	▲ Nachgußwürze	●	5.41556E2

Var	Place	Material	DQ	Coefficient
Y01	P120	▲ Glattwasser (GW)	●	55.45
Y02	P121	▲ Treber	●	11600.00
Y03	P100	▲ Nachgußwürze	●	415.00

Figure 7 Transition Specification in the Area of the Brewhouse

All the material flow networks depicted in Figures 2 to 4 refer to the business area of the brewhouse. The overall network for all the business areas depicted in figure 1 consists of a primary network and 18 subnetworks, which are hierarchical enhancements for the individual processes. In all the overall model includes 346 transitions and 1128 places. The company eco-balance includes 42 materials and one energy on the input page. The output side documents 19 materials.

2.2.4 Calculation of the Input and Output Flows

Besides the graphic process modeling Umberto offers a numerical evaluation of production and consumption figures. A total fabrication allowance (e.g. quantity of retail beer) taking into account the relationship between the transitions and the material and energy ratios entered can be assumed. For every defined connection between two elements, the material flows belonging to them are calculated. The network is calculated so far that the quantity of the materials and energy which enter or leave the system appear as sums in all the input and output places. The comparison of the input and output materials in a table is in the end the balance of the period of time observed in relation to the basis of calculation (in this case the quantity of retail beer). In view of data still partly lacking or fluctuating relations in production, the calculated values cannot completely correspond with the real operating values. Excellent correspondences are however attainable with more precise model formation and more correct data acquisition. Figure 8 shows the targeted process balance of the

Hasseröder Brewery for the period of observation from 10/1998 to 09/1999. For reasons of privacy protection the quantities specified for the materials and energy respectively were changed in the graphic and consequently do not correspond with reality.

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
☐ Brauereistoffe			☐ Brauereistoffe		
▲ Bier UF Alte Brauerei	313050.775	hl	▲ Abfall, kompostierbar	255941.067	kg
▲ Bindfaden	2105453.945	lfd m	▲ Ausputz	128913.333	kg
☐ Chemische Stoffe und CIP			▲ Bier (Verkauf)	8503259.890	hl
▲ Calgonit 1155	5876.110	kg	▲ Glasbruch	687145.916	kg
▲ Calgonit 1166	8905.470	kg	▲ Paletten, defekt	1099.650	Stk
▲ Calgonit 4030	15876.240	kg	▲ Treber	17775064.603	kg
▲ Calgonit 7013	66791.560	kg	▲ Verkaufshefe	10956.105	kg
▲ Harnstoff	6199.876	kg	☐ Emissionen (Luft)		
▲ HCl 5%	122965.144	kg	▲ Staub	15.663	kg
▲ HNO3 50%	75725.125	kg	☐ Verbindungen, anorg. (L)		
▲ Jalu Sauer	49677.645	kg	▲ Distickstoffmonoxid	11.099	kg
▲ Laugenadditiv (LAD)	19544.770	kg	☐ Kohlendioxid (L)		
▲ NaClO2	564.120	kg	▲ Kohlendioxid, fossil	2224252.201	kg
▲ NaOH 50%	678496.450	kg	▲ Kohlendioxid, un spez.	323968.317	kg
▲ PVPP	15.460	kg	▲ Kohlenmonoxid	1178.568	kg
▲ Sporexalin/Perosin	2566.810	kg	▲ NOx	443.358	kg
▲ StarTrack, Bandschmierung	16225.262	kg	▲ Schwefeldioxid	10.617	kg
▲ WDP	6665.677	kg	☐ VOC (L)		
▲ Etiketten, Bauch	158060015.273	Stk	▲ Methan	155.300	kg
▲ Etiketten, Hals	159230139.288	Stk	☐ NMVOC (L)		
▲ Etiketten, Rücken	159983419.537	Stk	▲ NMVOC, un spez.	163.913	kg
▲ Fasskappen, neu	1546789.155	Stk	☐ Emissionen (Wasser)		
▲ Filterkerzen	1789.600	Stk	☐ Indikatorparameter		
▲ Flaschen, neu	2349945.660	Stk	▲ CSB	58463.053	kg
☐ Gasförmige Zusatzstoffe			☐ Wasser		
▲ CO2 (Zukauf)	591005.691	kg	▲ Abwasser, un spez.	2131214.040	hl
▲ Luft (Umgebungs-)	5691874.910	cbm			
☐ Grundzutaten					
▲ Farbebier	7655.123	kg			
▲ Hopfenextrakt	123.879	kg			
▲ Hopfenpellets	987.197	kg			
▲ Malz	16591.563	t			
▲ Kieselgur, fein	55678.334	kg			
▲ Kieselgur, grob	7254.462	kg			
▲ Kieselgur, mittel	66023.805	kg			
▲ Kieselgur, Stabilisator	23498.525	kg			
▲ Kronkorken, neu	170855510.768	Stk			
▲ Leergutpaletten auf LKW	304988.823	Stk			
▲ Leim	167334.654	kg			
▲ Paletten, neu	100434.243	Stk			
☐ Energieträger					
▲ Energie, elektrisch (Fremd)	1460757.073	kWh			
▲ Propan	429599.758	kg			
☐ Energieträger, sekundär					
▲ Erdgas	1010457.854	kg			
☐ Wasser					
▲ Wasser	1714046.270	hl			

Figure 8 Process Balance of the Hasseröder Brewery Ltd.

2.3 Estimation of Effectiveness and Evaluation of the Balance

Eco-balances have a documenting character. The individual materials of the actual balance are merely quantitative values, from which the ecological harmfulness of the processes cannot be read. Using the actual balance, ecological gaps can only be localized. An estimation of effectiveness and an evaluation of the balance provide precise statements about the

environmental relevance of the emissions and quantities of waste in specific areas [Schmidt (1997b)]. A prerequisite for the limitation of the use of environmentally harmful materials is an estimation of effectiveness and an evaluation of the balance, the goal of which is to ascertain coefficients relevant for decisions. Coefficients are computed from the individual data of the actual balance and other coefficients, as a result of which the coefficient systems are formed [Müller-Beilschmidt (1997)]. Furthermore the actual balance of the Hasseröder Brewery Ltd. was made subject to the coefficient systems of Umberto for estimation and an evaluation, with the unsatisfactory outcome that the results are incomplete and cannot be used further. A comparison between the individual results of the coefficient systems is not meaningful in view of the shortcomings. Only the Eco-Indicators-Method provides meaningful values through its simple aggregation of air and water emissions within the method. Figures 9 and 10 present the results obtained using the Eco-Indicators-Method.

Various allocation problems crop up when applying the coefficient systems. In principle all elements of the coefficient systems can be allocated to materials of the balance. Problematic however is the allocation of specific brewery materials, cleaning agents and wastes. An estimation of effectiveness and an evaluation of the balance is in the present situation only possible using the existing coefficient systems if they are expanded by elements which make an allocation of the materials possible. Hence, ignoring the Eco-Indicators-Method, no estimation and an evaluation was carried out.

Item	Quantity	Unit
☐ _Teilergebnisse		
◆ Treibhauseffekt	1725.587	NanoPunkte
◆ Ozonschichtzerstörung	0.000	NanoPunkte
◆ Versauerung	558.686	NanoPunkte
◆ Nährstoffeintrag	778.452	NanoPunkte
◆ Schwermetalle	0.000	NanoPunkte
◆ Kanzerogenität	0.000	NanoPunkte
◆ Winter Smog	12.608	NanoPunkte
◆ Sommer Smog	44.230	NanoPunkte
◆ Pestizide	0.000	NanoPunkte
◆ _Gesamtbewertung	3119.564	NanoPunkte

Figure 9 Evaluation According to the Eco-Indicators Method

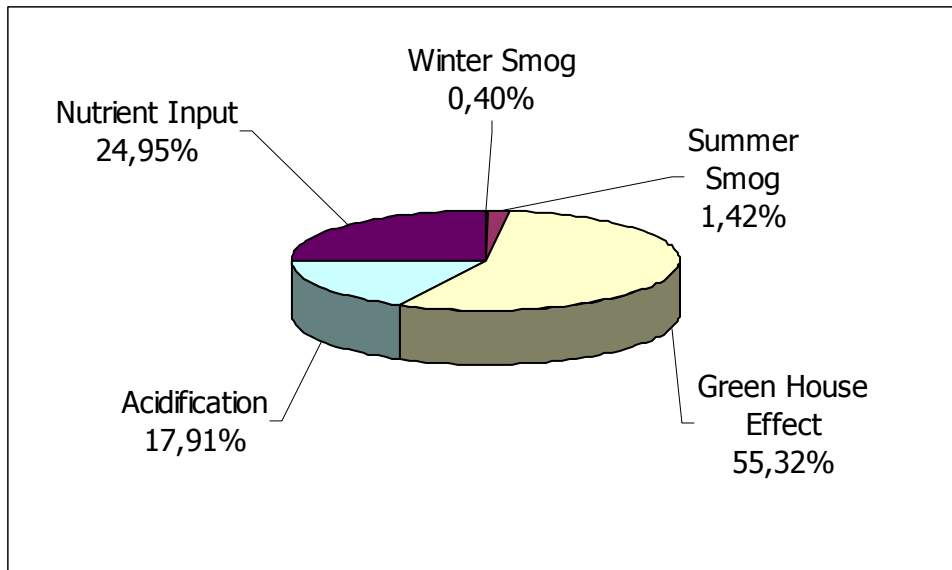


Figure 10 Graphic of the Result of the Eco-Indicators-Method

2.4 Gap and Optimization Analysis

Gap analysis has the goal of identifying areas of operation in which environmental protection measures are meaningful and necessary. Often interpretations of the actual balance are made in order to identify primary sources of environmental pollution. An interpretation at the level of the actual balance does not always suffice though. This is particularly the case then if various pollutants with different ecological relevance must be compared. Here the localizing of ecological gaps through an evaluation of the balance is meaningful. Complex production processes are mutually dependent. Individual isolated measures for the removal of gaps can result in undesired side effects and thus hinder the success striven for. It is meaningful to analyze the ascertained gaps and possible measures for improvement using purposeful changes of the material flow network. The effectiveness of the changes is read from the estimation of effectiveness and evaluation of the balance [cf. Rautenstrauch (1999), p.52]. Through the employment of alternative raw materials, the closing of material cycles and the replacement of complete subprocesses, recognized gaps can be eliminated or at least lessened. The Hasseröder Brewery Ltd. erected a very modern production facility at its Northwest location. The installations put in there correspond with the newest state of technology and as a result meet the environmental regulations set by the state. The production facilities and production processes are organized in such a way that among other things only the needed resources and energy are used or the extent of emissions and waste is held as low as possible. The primary goal from the economic point of view is a cost minimization which in this case can decisively contribute to environmental protection. A further important point is that the production of one beer requires very particular process chains, chronological sequences and environmental conditions. These evolved over time,

have been improved over the years and cannot be optimized further without adequate knowledge about breweries.

Moreover in view of the fact that allocation problems between the project materials and the elements of the coefficient systems arise in the balance analysis and consequently no functional results can be obtained, a gap analysis with regard to a rated eco-balance is not meaningful.

3 Conclusions and Outlook

The Hasseröder Brewery has made it its goal to introduce an company environmental management system and to have this certified in accordance with the Eco-Audit-Regulation. The realization of an initial comprehensive inventory of all environmentally relevant activities in the company by means of an eco-balance suggested itself for this. In the scope of this case study a complex material flow network of the beer production process was prepared using the Umberto program and specified using collected data, as a result of which the basis for the actual balance was created. In view of the lacking transferability of the results into available coefficient systems, an ecological gap analysis with a subsequent estimation of effectiveness and evaluation of the balance could not be carried out. To estimate and evaluate the present actual balance the existing coefficient systems must be expanded by such elements, which permit an estimation and evaluation of the materials which cannot be allocated. In a subsequent project of the Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg (Working Group of Business Information Systems) in collaboration with the Hasseröder Brewery Ltd., existing methods of evaluation and coefficient systems are to be analyzed and expanded in order to reveal the ecological harmfulness of certain materials and to facilitate the detection of ecological gaps.

4 Literature

Häuslein, A.; Hedemann, J. (1995): Die Bilanzierungssoftware Umberto. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), pp. 59-78.

Heinstein, F; Schmidt, M.; Meyer, U. (1995): Ökobilanzen im Öko-Audit – ein unvermeidliches Hilfsmittel. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), pp. 245-252.

Heyse, K.-U. (Hrsg.) (1994): Handbuch der Brauerei-Praxis. 3. Aufl., Getränke-Fachverlag, Nürnberg.

- Kunze, W. (1994): Technologie Brauer und Mälzer. 7. Aufl., VLB Verlagsabteilung, Berlin.
- Müller-Beilschmidt, P. (1997): Flexible Kennzahlensysteme mit dem „Valuation System Editor“. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), pp. 105-112.
- Möller, A.; Rolf, A. (1995): Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), pp. 33-58.
- Narziss, L. (1992): Die Bierbrauerei: in drei Bänden. 7. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer Verlag, Berlin.
- Schmidt, M. (1995): Stoffstromanalysen und Ökobilanzen im Dienste des Umweltschutzes. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), pp. 3-13.
- Schmidt, M. (1997): Stoffstromnetze zwischen produktbezogener und betrieblicher Ökobilanzierung. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), pp. 11-24.
- Schmidt, M. (1997b): Möglichkeiten der Wirkungsanalyse und Bewertung von Sachbilanzen. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), pp. 91-104.
- Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer Verlag, Berlin.
- Schmidt, M.; Schorb, A. (1995): Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits. Springer Verlag, Berlin.
- Seuring, S. (1998): Betriebliche Ökobilanzen. Grundlagen zu Begriffen, Methoden und Anwendungen. In: Sietz, M. (Hrsg.) (1998), pp. 65-114.
- Sietz, M. (Hrsg.) (1998): Umweltschutz, Produktqualität und Unternehmenserfolg. Vom Öko-Audit zur Ökobilanz. Berlin.
- Umweltbundesamt (1995): Handbuch Umweltcontrolling. Bundesumweltministerium, Verlag Vahlen, Berlin.

Applying Indicator Systems and Valuation Methods in Eco-balancing Case Study from the Beer Production Process

Jorge Marx Gómez, Claus Rautenstrauch¹

Abstract

In this study the authors summarise the development of an indicator system for impact assessment and balance valuation and the application of this system to an existing inventory (actual balance) of the Hasseröder Brewery Ltd. The actual balance represents the results of a previously conducted project during which a complex material flow network of the beer production process was elaborated and refurbished with specified data. The collected and registered balance items reflect the ecologically relevant material and energy flows of the enterprise's divisions. Building upon these results the distinct impacts have been estimated and analysed in order to investigate and assess the raw materials and energy flows involved in the beer production process with regard to their respective ecological hazards. Development, implementation and application of the evaluation method have been carried out utilising the software tool Umberto, which had already been employed in the generation of the material flow network.

The study first outlines the fundamental characteristics of eco-balances and indicator systems and refers to the features covered by the software tool Umberto. Following, the course of investigation concerning the establishment of an impact assessment and a balance valuation are explained and the methodologies are applied to the existent case of the brewery. In conclusion, an interpretation of the eco-balance is carried out that eventually shapes the delineation of alternative for action for the brewery.

¹ Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Faculty of Computer Science, Institute for Technical and Business Information Systems, Business Information Systems, P.O. Box 4120, 39016 Magdeburg, Germany, Tel: 0391-67-18386, Fax: 0391-67-11216
e-mail: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

1 Introduction

1.1 Research Questions and Scientific Rationale

The Hasseröder Brewery Ltd. is a one-product-enterprise which exclusively manufactures beer of the brand "Hasseröder Premium Pils". The company's objective is to responsibly contribute to reducing or, to avoiding environmental pollution that may arise from its industrial activity. The preparation of an eco-balance marks the initial step for a comprehensive inventory and evaluation of the environmentally relevant activities and serves as the groundwork for introducing an environmental management system as well as for certification in accordance with the EMAS-regulation.

The results obtained in a previous project, "Material Flow Based Eco-Balancing and Evaluation of a Beer Production Process - Case Study" convey the basis for this examination. In the course of the previous project allocation difficulties between the project materials and the elements already implemented in Umberto arose when advancing the impact balance. The indicator systems implemented in Umberto may be applied to the existing actual balance. However they do not lead to reasonable findings (Faustmann et. al. 2000, 14).

The current case study adapts the methods developed by the German Federal Agency for the Environment Berlin (UBA) as indicator system in accordance with the specific input and output figures of the Hasseröder brewery and expands the system with an additional effect category in order to achieve adequate results for the remaining phases of the eco-balance (impact assessment/balance valuation and interpretation).

1.2 Eco-Balances

Eco-balancing is a method for documenting the environmental aspects and potential environmental effects associated with a product or production process (Rautenstrauch 1999, 22) through:

- compiling an actual balance of relevant input and output flows of a production system,
- evaluating the potential environmental effects associated with these inputs and outputs,
- interpreting the results of the actual balance and effects with regard to the objective of the study.

Figure 1 shows the four stages of an eco-balance (Faustmann et al. 2000, 9).

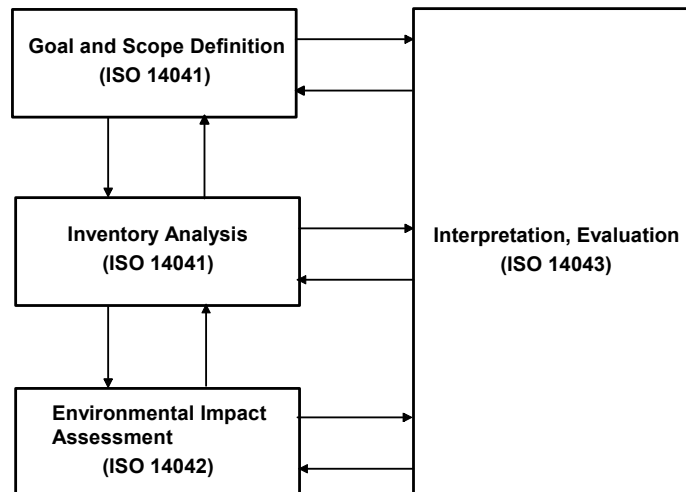


Figure 1
Process scheme of an eco-balance

The data collections and calculation procedures contained in the actual balance quantify the relevant input and output flows of a system. The I/O-flows encompass the supply of resources, the emissions into air, water and soil as well as those products and by-products originating from the production process. Thus, the actual balance records all material and energy flows compiled within the perimeters of an input/output balance. Depending on the goal and scope of the eco-balance to be examined, the obtained data provide potential interpretations (Sietz 1998, 85).

An impact balance describes the aggregated flow factors registered in the actual balance with regard to their potential impact on the natural environment. While it does not attempt to exactly record real impacts of particular material and energy flows, it quantitatively attributes potential impacts to the material and energy flows of the actual balance (Dold 1996, 99).

While conducting the balance valuation the distinct results of the actual balance are subject to an assessment logic that helps connect them to each other in a meaningful and transparent way. The assessment logic has a crucial influence on the total result of the eco-balance. Here, the significance e. g. of the greenhouse effect in relation to the introduction of nutrients into soil and surface water is determined.

To evaluate the potential impact of the collected data on the environment the impacts are assessed and interpreted. The interpretation is executed separately from the actual balance, because it is reasonable to consider shifts in the comprehension of environmental impact potentials of substances (Schmidt 1997b, 94). Incorporated in the impact assessment are findings from ecological impact analysis, e.g. impact threshold values and hazardous potential of the substances. The interpretation considers those priorities in the society concerning environmental policy that can be expressed in threshold values, environmental quality objectives, among others.

The interpretation summarises the results of the actual and impact balances with regard to the previously determined goal and scope of the eco-balance (DIN EN ISO 14040, 16). The final stage of the eco-balance may include a sensitivity analysis and a consistency test, the identification of environmental impacts as well as conclusions and the deduction of recommendations. It provides for better understanding the obtained data. Only the combination of tangible information and judgements as to value can provide the basis for establishing an environmental programme comprising measures and concrete objectives.

1.3 Indicator Systems within Umberto 3.1

Establishment of the eco-balance for the Hasseröder Brewery Ltd. in Wernigerode involved utilisation of the software tool Umberto. Umberto provides for a clear-cut separation of actual, impact and valuation levels. Moreover, the software contains a particular evaluation component, the Valuation System Editor (VSE), which serves to supply individual valuation and indicator systems. Additionally, the VSE offers the user specific functions for impact assessment and balance valuation. Another advantage of Umberto is represented in the fact that it does not require a particular approach for impact assessment and balance valuation because the VSE covers already a variety of indicator systems (Häuslein/Hedemann 1995, 73):

- indicator system accordant to the UBA-method,
- indicator system accordant to the Eco-Indicators 95 method and
- an indicator system in accordance to the method of ecological scarcity (Swiss Ecopoints)

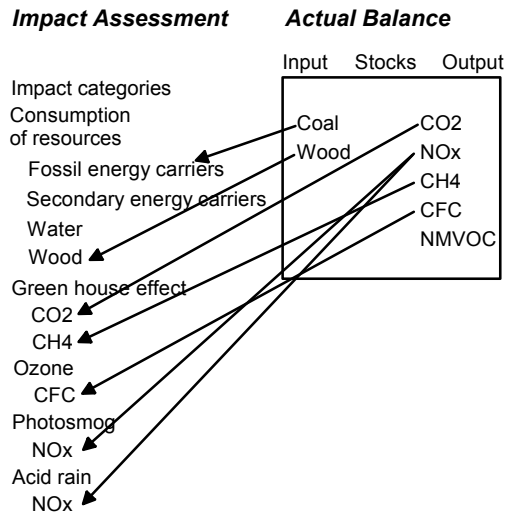
Indicators are valuation terms that, applied to the data of an actual balance, represent an assessment conforming to a predetermined pattern. The indicators are connected to raw materials, coefficients and parameters in material flow networks. An interconnected number of indicator definitions compose an indicator system. Indicator systems can acquire any level of complexity: from plain operational coefficients (e.g. CO₂-emissions per product unit) to valuations which are reviewed separately over several hierarchical levels or aggregated according to fixed weight factors. The data of the actual balance to be considered can be readily determined; various mathematical functions and logical operations are available (Müller-Beilschmidt 1997, 105).

Indicators can be combined in an indicator system in a way that yields statements about the entire actual balance or the ecologically relevant parts.

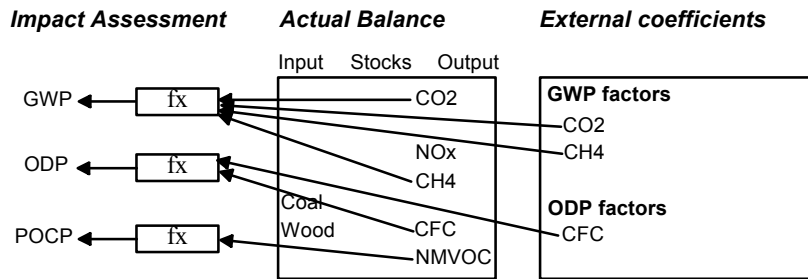
The interconnection of one or several indicators may be generated over different levels and follows a thoroughly defined scheme (see figure 2, Schmidt 1997b, 101). Indicator systems are universally defined and independent from individual inventories. For application the indicator system is selected and subsequently related to the inventory (actual balance). Elements and materials are linked in correspondence to the balance (Schmidt 1997b, 100). In Umberto this allocation occurs automatically under the premise of identical paraphrasing of the materials. In case of incompatibilities manual association by the user is possible.

The results of these indicator systems can be derived numerically or as diagrams.

1. Classification



2. Characterisation



3. Valuation

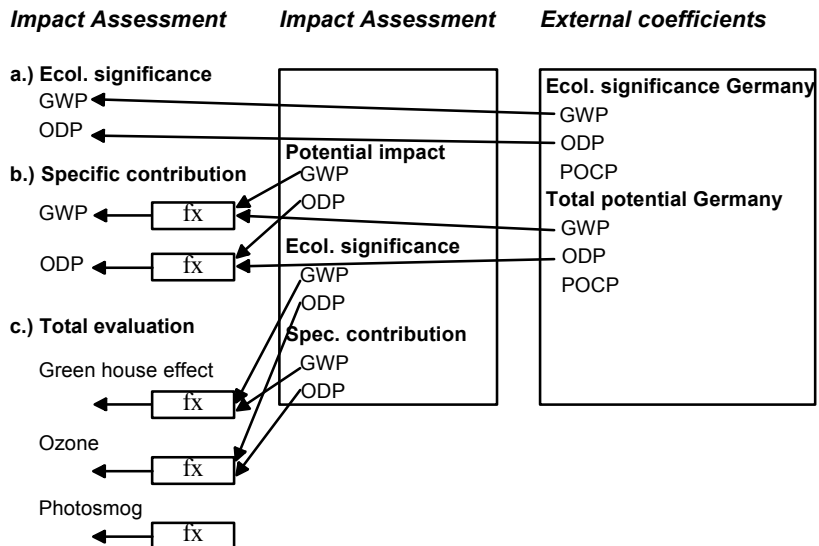


Figure 2
Depiction of the UBA-method in the VSE

2 Impact Balancing and Balance Valuation According to the UBA approach

The impact assessment and balance valuation of the extended actual balance of the Hasseröder brewery employed the approach of the Federal Agency for the Environment (UBA). This method, published in 1995 by the UBA, is based on a procedure which has been developed and implemented by the ifeu-Institut Heidelberg. The following reasons make the application of this method favourable:

- The method portrays no highly aggregated factors. All temporary results are subject to interpretation;
- input/output flows and emissions are linked to impact categories prior to weighing the distinctive categories through valuation (Stahl 1999, 37);
- the method of the UBA executes a thorough distinction between impact assessment and balance valuation.

The phase of impact assessment and balance valuation is divided into the following steps:

- *Classification*: linking of actual balance data and impact categories,
- *Characterisation*: modelling and aggregation of the actual balance data within the impact categories and
- *Valuation*: weighing and summarising the results across all impact categories in order to achieve comparability and possibly aggregation.

2.1 Impact Assessment

The impact assessment is executed to consolidate the information contained in the actual balance for preparation of the subsequent balance valuation (inventory analysis). In order to achieve this the documented material flows are described with regard to their potential environmental impacts. Substances with comparable impacts are aggregated. This procedure strives for a comprehensive impact assessment of all input and output flows.

In the first step of the impact balance, the classification, all material and energy flows that have been confirmed in the actual balance (e.g. resource consumption, emissions and the amounts of waste) are linked to impact categories according to their environmental impact potential, respectively.

The impact potentials are calculated in the second step. Within the categories suitable rates are determined which enable impact related aggregation. They describe the potentials in a quantitative form (Schmidt 1997b, 97).

The UBA has suggested and implemented a discrimination of environmental impacts along ten impact categories:

1. Consumption of raw materials
2. Greenhouse effect
3. Ozone depletion
4. Impediments to human health
5. Direct damage to organisms and eco-systems
6. Generation of photo-oxidants
7. Acidification of soil and surface water
8. Introduction of nutrients into soil and surface water
9. Consumption of space

10. Noise incrimination

The individual impact categories differ in spatial respect (global, regional and local impacts) as well as with regard to the specification of the identification of substances (aggregated parameters, single item registers). The execution of impact related aggregations of material flows depends on the respective impact categories. The beer production process of the Hasseröder brewery delivers the following potentials:

Impact category (reference substance)	Standard calculation formula	Result
Consumption of raw materials - fossil energy - non-renewable raw materials - water of disparate origin	Crude oil equivalent factor	797550,165 kg ₃ 38,85 m ³ 516478,92 m ³
Greenhouse effect (CO ₂)	$\sum_{i=1}^n GWP(100)_i \cdot \text{Emissions}_i \text{ into air [kg]}$	44455338,42 kg CO ₂
Ozone depletion (R11)	$\sum_{i=1}^n ODP_i \cdot \text{Emissions}_i \text{ into air [kg]}$	0 kg
Generation of photo-oxidants (Ethene)	$\sum_{i=1}^n POCP_i \cdot \text{Emissions}_i \text{ into air [kg]}$	2737,67 kg Ethene
Acidification (SO ₂)	$\sum_{i=1}^n AP_i \cdot \text{Emissions}_i \text{ into air [kg]}$	19219,94 kg SO ₂
Eutrophication (PO ₄)	$\sum_{i=1}^n EP_i \cdot \text{Emissions}_i \text{ into air [kg]}$	8757,88 kg PO ₄

Table 1
Selected Impact Related Aggregation Regulations

In the following the abbreviations in Table 1 are explained:

GWP(100) _i	Global Warming Potential of the Emission <i>i</i> for time range of 100 years
ODP _i	Ozone Depletion Potential of the Emission <i>i</i>
POCP _i	Photochemical Ozone Creation Potential of the Emission <i>i</i>
AP _i	Acidification Potential of the Emission <i>i</i>
EP _i	Eutrophication Potential of the Emission <i>i</i>

2.2 Balance Valuation (Inventory Analysis)

In the balance valuation (inventory analysis) the results of the impact assessment and the actual balance, especially the individual impact areas, are weighed with regard to their relative significance to each other and with respect to the ultimate results. The UBA-Method proceeds verbally-argumentatively along several steps. First the results of the impact assessment are set into relation to the respective stress situation (specific contribution). In the second step the respective ecological significance of the distinguished impact categories is determined. The overall importance is obtained from the particular contribution and the ecological significance in a concluding step (Stahl 1999, 41; Schmitz 1995, A39). The elements to be evaluated are weighed with respect to two factors:

- by the specific contribution as a normative criterion, which is utilised to weigh the investigated impact categories concerning the relative influence of the analysed object,
- by the ecological significance as criterion for valuation and prioritisation, which helps establish a hierarchy of the scope of the environmental impacts imposed by the impact categories (Schmitz 1995, A26).

Consumption of water represents the maximum value and is set equivalent to "1". In a brewery water is utilised in many processes. All other impact categories acquire values ranging from "low" (< 0,2) to "medium" (< 0,6).

Figure 3 depicts the relative contributions of the production process in the brewery. Diagram strings with a similar shade of grey belong to the same impact category. The brewery performs no recognisable contribution to ozone depletion. In relation to the maximum value, in this case the consumption of water as raw material, the other contributions of the impact categories could be regarded as of secondary significance. Emission of lead into water and emission of ammonia and hydrogen fluoride are not detectable. According to the actual balance dust is emitted in such small amounts that it ranges below 1%. In comparison the brewery contributes most to the categories

- consumption of raw materials: usage of water,
- nitrification of soil and water and
- occupation of waste disposal sites.

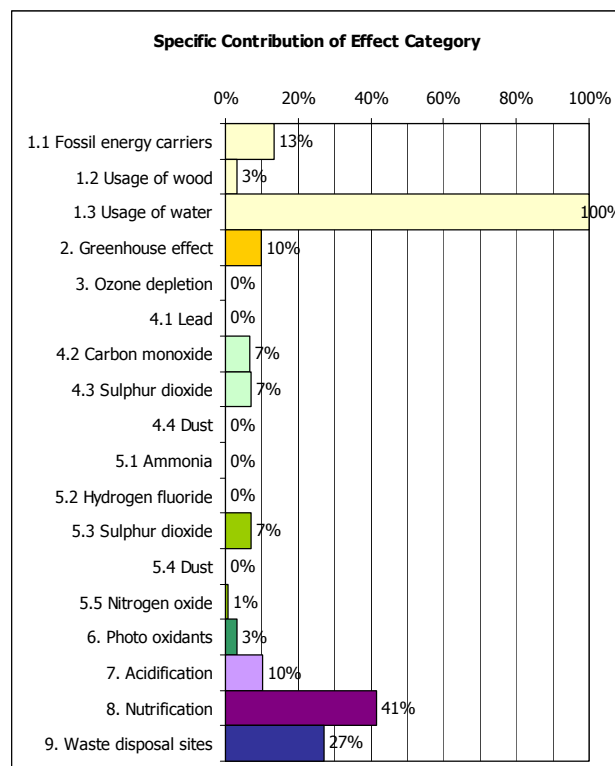


Figure 3

Contributions from the Production Process (relative proportions related to the highest contribution of the production process, maximum = 100 %)

The final step of the UBA valuation method comprises the verbally argumentative overall evaluation by enumerating the different impact categories via the specific contribution and the ecological significance. This step is limited to an appreciation of the impact categories and their relation to each other, hence further calculation of the results of the impact balance is renounced.

For the individual impact categories in the brewery a comprehensive evaluation, depicted in figure 4, has been generated. It should be noted that all categories have attained an overall significance ranging only between low and medium.

The diagram should be read as follows: diagram strings extending over five columns have a very high overall significance. This would indicate the need for immediate action on part of the brewery.

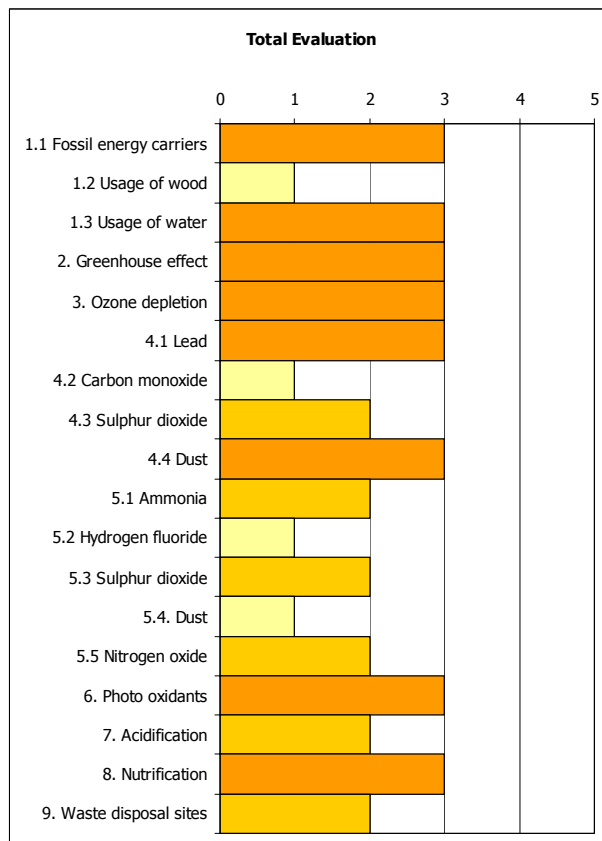


Figure 4
Comprehensive Evaluation of the Impact Categories

First those impact categories are determined that represent a *very high* to *high* overall significance, because these environmental impacts presumably require immediate action. This is e.g. the case, if an impact category with a *very high* ecological significance is related to a *low* to *medium* or *very high* specific contribution. The impact categories which describe a particular environmental problem are considered crucial points that should consequently be optimised. Concerning the production process in the brewery no impact category attains a *high* or *very high* significance. Accordingly, no urgent need for action can be deducted.

Following, environmental problems with a *medium* overall significance are reviewed. With respect to sustainability criteria these topics possess a potential need for action. The impact categories with a *medium* overall significance are the consumption of raw materials (fossil energy carriers and use of water), the

greenhouse effect, the toxigenicity (dust, generation of photo-oxidants) and the introduction of nutrients into soil and surface water.

Impact categories with a *low* to *medium* overall significance range at the bottom of the hierarchy. This notion applies to impact categories with a *low/low to medium* ecological significance related to a *low/low to medium* specific contribution. These are represented by the categories consumption of raw materials (wood), toxigenicity (carbon monoxide and sulphur dioxide), acidification of soil and water, occupation of waste disposal sites and eco-toxigenicity (sulphur dioxide, dust and nitrogen oxide).

Some categories possess a comparatively *low* significance, however it should be noted that under certain circumstances a multitude of substances with *low* specific contributions give rise to substantial environmental problems due to the sum of the individual contributions. In this case, the structure of the provocative agents should additionally be examined (UBA 1999, 19).

2.3 Extending the UBA method

The UBA method for impact assessment and balance valuation was originally developed for life cycle analysis (LCA), through which all ecologically relevant material and energy flows "from cradle to grave" are investigated. The complete production process in the Hasseröder Brewery Ltd. can be regarded as part of such an analysis, because the brewery is a one-product company. Impact assessments in general require that the material and energy flows obtained in the input/output balances are taken from the natural environment and return to it.

Since this investigation focuses alone on the production process of beer, particular prior and subsequent chains are not considered. Some material and energy flows that neither originate in the natural environment nor return to it are included in the process balance. The I/O balance of an energy provider who supplies private households with e.g. methane as energy carrier (natural gas) will contain also methane as output. However to deduct a contribution to the greenhouse effect is not appropriate, because the methane is not returned to the natural environment (Möller 1999, 173).

Up till now most material and energy flows could be associated with one of the previously outlined impact categories. Yet this applies not to all materials like the majority of auxiliary and processing substances (AaPS). This leads to twisted conceptions since these substances appear only in the anthroposphere. The substances and their by-products are already considered indirectly in the actual balance. Actually, almost all cleansing and disinfectant agents contribute to pollution of sewerage which eventually leads to enhanced CBS-rates. The indicator value CBS is employed to evaluate the environmental category nitrification of soil and surface water. The following section introduces the risk for hazards and damages as an additional impact category and suggests an evaluation of these factors.

Impact Category Risks and Hazards

Certain products that are employed in a company unfold a direct impact in case of emergencies. They contribute to potential hazards and risks when these substances are stored and used. Consequently, an expansion of the UBA method to include the impact factors risks and hazards is suggested, while pursuing the approach of the initial UBA method.

Classification

Similar to the impact category consumption of raw materials different sub-categories are generated for classification. They are oriented along the properties and the purpose of the substances.

- cleansing and disinfectant agents (CIP): substances which are used for cleaning and disinfecting pipe and tank systems,
- filtration aids: substances which are inevitable to produce filtered beer from mash,
- lubricants: substances like lubricants for conveyors, conveyor belts to sort bottles, for packaging and unpacking devices,
- other auxiliary and processing substances (AaPS): substances which do not fit into one of the other categories.

Characterisation

For evaluation purposes the different criteria are examined in respect of the endangerment of soil and water, the inflammableness, the industrial safety, the emissions and the environmental performance in case of emergencies.

To facilitate the inclusion of quantitative as well as of qualitative aspects so-called evaluation coefficients (EC) for the individual parameters of the substances are introduced (see table 2). The increase of the evaluation coefficients is not linear, because greater hazards are rated unproportionately higher. The hazard potential is assessed on the basis of the amount of substances stored and employed in the production, respectively. The evaluation coefficient is zero for those parameters which are not available or non-existent.

Water Endangerment Grade (WGK)		EC(WGK)
0	in general not water endangering	0
1	less water endangering	1
2	water endangering	3
3	highly water endangering	6
Poisson (P)		EC(P)
Xi	irritating	1
C	caustic	2
Xn	less poisonous	3
T	poisonous	6
T+	very poisonous	7
Flammability Grade (IG)		EC(IG)
EZ	inflammable	2
F	less inflammable	3
F+	highly inflammable	4
O	fire enforcing	5
E	explosive	7
Number of R-Sets (RS)		EC(RS)
1		2
2-3		3
4-5		5
Environmental Compatibility (E)		EC(E)
N	environmentally harmful	3

Table 2
Evaluation Coefficients for Substance Parameters

The hazard potential (HP) of a substance can be quantitatively determined through multiplying the amount utilised m_i by the evaluation coefficient. The total sum of the hazard potentials of the individual substances yields the overall risk potential of a particular group of substances, e.g. the cleansing and disinfectant agents employed in a company (UBA 1995, 281).

Hazard Potential:

$$HP = \sum_{i=1}^n \{m_i \cdot [EC(WGK) + EC(P) + EC(IG) + EC(RS) + EC(E)]\} \quad [\text{kg}]$$

For our case, the Hasseröder Brewery Ltd., the hazard potential of the groups of substances mentioned above are listed in table 3:

Group of Substances	Hazard Potential
Cleansing/Disinfectant Agents (CIP)	7625374,87 kg
Auxiliary Filtration Agents	840646,76 kg
Conveyor Lubricants	180210,24 kg
other AaPS	135392,37 kg

Table 3
Hazard Potentials of the Substances Employed

Valuation

In compliance with the UBA method the specific contribution and the ecological significance of the categories have to be assessed. Estimation of the specific contribution of the individual sub-categories requires an appreciation of the overall potentials for the frame of reference. Due to the fact that in the course of this case study appropriate data were not available an alternative valuation is suggested which does not comply with the UBA method, however it allows for an approximation.

In order to obtain an adequate valuation a greatest possible risk potential can be contrived. It is calculated through multiplication of the stored amount of a substance by the greatest valuation coefficient for each substance parameter; afterwards these products are added. The formula for an assessment of the *greatest hazard potential* reads:

$$HP_{\max} = \sum_{i=1}^n \{m_i \cdot [EC(WGK)_{\max} + EC(P)_{\max} + EC(IG)_{\max} + EC(RS)_{\max} + EC(E)_{\max}]\} \quad [\text{kg}]$$

In the next step the hazard potential is weighed using the greatest possible hazard potential. This operation yields a value between 0 and 1.

$$WHP = \frac{\text{Hazard Potential}}{\text{max. Hazard Potential}}$$

The contended comprehensive valuation can be deducted by ranking the risk potentials according to their significance (see table 4).

Risk Potential	if WHP:
low significance	< 0,2
low to medium significance	0,2 to 0,4
medium significance	0,4 to 0,6
high significance	0,6 to 0,8
very high significance	0,8 to 1

Table 4
Ordinal Scale for Valuation

This evaluation technique allows for a first approximated estimation of the risk that arises from particular products within the anthropogenic system.

Group of Substances	Hazard Potential	Valuation	
Cleansing/Disinfection Agents (CIP)	7625374,87 kg	0,1960	low
Auxiliary Filtration Agents	840646,76 kg	0,1941	low
Conveyor Lubricants	180210,24 kg	0,2857	low to medium
other AaPS	135392,37 kg	0,0357	low

Table 5
Evaluation of Auxiliary and Processing Substances

The assessment of the auxiliary and processing substances at the Hasseröder brewery yielded a *low* to *medium* hazard potential and risk for disturbances.

3 Summary and Prospects

This case study accomplished the two remaining phases of the eco-balance for the Hasseröder Brewery Ltd., i.e. the impact assessment/balance valuation and the interpretation of the eco-balance. The previous study yielded that allocation problems between project materials and the elements of the implemented indicator systems arise when carrying out the impact balance. Hence, not all of the recorded material flows could be investigated in terms of an impact assessment and a balance valuation (Faustmann et al. 1999, 79). Different methods for carrying out the impact assessment were analysed and compared to solve the problem. Eventually, the method of the German Federal Agency for the Environment (UBA) was selected and expanded.

During the process of analysing and expanding the UBA method it was stated that a variety of materials covered by this method could be evaluated, but that no correlating data were obtained in the actual balance: Another allocation problem. For this reason the material flow network for assessment of the actual balance in Umberto was extended with further important parameters; at the same time additional data were allocated in the brewery. The actual balance was calculated again because some of the data, e.g. concerning emissions into air, had changed and new data were recorded. The current balance was then used to generate the impact balance.

In the course of the impact assessment differentiated potentials were identified which enable the brewery to recognise its environmental problems.

In particular, aggregations yielded fossil energy carriers associated with crude oil resource equivalents, climate sensitive substances associated with CO₂-equivalents, generation of photo-oxidants associated with ethene-equivalents, nitrification associated with phosphate-equivalents and acidification associated with SO₂-equivalents. For the category ozone depletion no climate sensitive gas could be aggregated so that an ozone depletion potential was not recorded. The raw materials were divided into fossil energy carriers, wood and water. However, since a survey of equivalents was not possible for all impact categories, aggregation of the categories impediments to human health and direct damages to organisms and the eco-system were abandoned.

During the phases of impact assessment and balance valuation the information provided by the actual balances was summarised anew. This in turn provided new findings and assessments. The different contributions of the material flows to the impact categories were determined through an analysis of equivalents and, if possible, aggregated.

For some impact categories commonly accepted formulas for calculation are available. The categories toxicity and eco-toxicity still lack such models. This made an interpretation of the individual substances inevitable. Further impact categories of ecological significance, e.g. the diversity of biological species and annoyances caused by odours had to be renounced in the present method of assessment.

The outcome of the eco-balance of the Hasseröder Brewery Ltd. in Wernigerode that has been evaluated shows no significant environmental problems. None of the analysed impact categories possessed a *great* or *very great* significance that would have implied immediate need for action. Nor does the brewery contribute to ozone depletion. A medium significance was established for the categories

- fossil energy carriers,
- usage of water,
- greenhouse effect,
- generation of photo-oxidants and
- nitrification of soil and water.

The material flows in these categories can be influenced by the brewery in a satisfactory way. From an ecological point of view it could be advisable to intensify energy generation through biological gas, since the contribution to the category consumption of fossil energy carriers would be diminished. On the other hand this would possibly lead to an increase of the greenhouse effect.

The following categories are of minor significance: occupation of waste sites, acidification of soil and water and sulphur dioxide emissions in the categories ecotoxicity and toxicity. These categories possess only low to medium overall significance.

Simulation of the material flow network will enable the brewery to assess in advance which ecological impacts potentially arise from changes in the production process. A necessary condition would be to further maintain the material flow network in the brewery.

In concluding the valuation of the eco-balance for the Hasseröder Brewery Ltd. in Wernigerode no distressing deficiencies were detected. The eco-balance did not imply to take immediate action on part of the brewery.

With regard to sustainability water consumption and nitrification of soil and water should be reduced.

It would be desirable to further expand the valuation method employed in the future in order to provide for an assessment of noise and odour emissions.

4 References

- Dold, G. (1996): Computerunterstützung der produktbezogenen Ökobilanzierung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.
- Faustmann, A., Lutze, V. (1999): Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Universität Magdeburg.
- Faustmann, A., Lutze, V., Marx-Gomez, J., Rautenstrauch, C. (2000): Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung eines Bierherstellungsprozesses – Fallstudie. Preprint Nr. 1, Fakultät für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Häuslein, A., Hedemann, J. (1995): Die Bilanzierungssoftware Umberto. In: Schmidt, M.; Schorb, A. (1995), S. 59-78.
- Müller-Beilschmidt, P. (1997): Flexible Kennzahlensysteme mit dem “Valuation System Editor”, in: Schmidt, M., Häuslein, A. (1997), S. 105-112.
- Möller, A. (1999): Grundlagen stoffstrombasierter Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Dissertation, Universität Hamburg, 1999.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer Verlag, Berlin.
- Sietz, M. (1998): Umweltschutz, Produktqualität und Unternehmenserfolg. Vom Öko-Audit zur Ökobilanz. Springer Verlag, Berlin.
- Schmidt, M. (1997): Stoffstromnetze zwischen produktbezogener und betrieblicher Ökobilanzierung, in: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 11-24.
- Schmidt, M. (1997b): Möglichkeiten der Wirkungsanalyse und Bewertung von Sachbilanzen, in: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 91-104.
- Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer Verlag, Berlin.
- Schmitz, S. (1995): Ökobilanz für Getränkeverpackungen. UBA, Berlin.
- Stahl, B. (1999): Methodenvergleich und Methodenentwicklung zur Lösung der Bewertungsproblematik in produktbezogenen Ökobilanzen. Dissertation, Universität Bremen, 1998.

Anwendung von Kennzahlensystemen und Bewertungsverfahren zur Ökobilanzierung

– Fallstudie anhand eines Bierherstellungsprozesses –

Jorge Marx-Gómez¹, Claus Rautenstrauch, Claudia Wilke

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung eines Kennzahlensystems zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung und dessen Anwendung auf die vorliegende Sachbilanz der Hasseröder Brauerei GmbH beschrieben. Die Sachbilanz ist das Ergebnis eines vorausgegangenen Projektes, bei dem ein komplexes Stoffstromnetz des Bierherstellungsprozesses entwickelt und mit Daten spezifiziert wurde. Die erhobenen und aufgeführten Bilanzpositionen spiegeln dabei die ökologisch relevanten Stoff- und Energieströme der Unternehmensbereiche wider. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wird eine Wirkungsabschätzung und Bewertung durchgeführt, um die am Produktionsprozess von Bier beteiligten Stoffe und Energien, auf ihre ökologische Schädlichkeit hin untersuchen und beurteilen zu können. Die Entwicklung, Implementierung und Anwendung der Bewertungsmethode erfolgt mittels des Softwaretools Umberto, das bereits zur Erstellung des Stoffstromnetzes herangezogen wurde. Diese Arbeit erläutert zunächst die Grundlagen von Ökobilanzen und Kennzahlensystemen und geht auf das Softwaretool Umberto ein. Im Anschluss wird die Vorgehensweise bei der Erstellung einer Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung dargelegt und die Methodik auf den konkreten Fall der Brauerei angewendet. Als letzter Schritt wird eine Auswertung der Ökobilanz vorgenommen, um aufbauend darauf Handlungsmöglichkeiten für die Brauerei aufzuzeigen.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

Die Hasseröder Brauerei GmbH ist ein Ein-Produkt-Unternehmen, das ausschließlich Bier der Marke "Hasseröder Premium Pils" herstellt. Sie hat die Zielsetzung, eigenverantwortlich zu einer Verringerung oder Vermeidung von Umweltbelastungen beizutragen, die durch die industriellen Tätigkeiten entstehen. Mit der Aufstellung einer Ökobilanz erfolgt eine erste umfassende Bestandsaufnahme und Bewertung der umweltrelevanten Aktivitäten, um aufbauend darauf ein Umweltmanagementsystem einführen und die Öko-Audit-Zertifizierung durchführen zu können. Als Grundlage dieser Arbeit dienen die Ergebnisse eines vorangegangenen Projektes „Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung - Fallstudie anhand

¹ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme, Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik, Postfach 4120, D-39016 Magdeburg
Tel: +49-391-6718386, Fax: +49-391-6711216, email: gomez@iti.cs.uni-magdeburg.de

des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH“ (vgl. Faustmann/Lutze 1999). Hier konnte festgestellt werden, dass es bei der Wirkungsbilanzierung zu Allokationsproblemen zwischen den Projektmaterialien und den Elementen der in Umberto bereits implementierten Kennzahlensysteme kommt. Die in Umberto implementierten Kennzahlensysteme können zwar auf die erarbeitete Sachbilanz angewendet werden, führen jedoch bislang zu keinen sinnvollen Ergebnissen.

In der vorliegenden Fallstudie wird die Methode des Umweltbundesamtes als Kennzahlensystem entsprechend der speziellen Input- und Outputgrößen der Hasseröder Brauerei GmbH angepasst und um eine weitere Wirkungskategorie ergänzt, damit brauchbare Ergebnisse in den verbleibenden Phasen der Ökobilanz (Wirkungsabschätzung/Bilanzbewertung und Auswertung) erzielt werden.

1.2 Ökobilanzen

Die Ökobilanzierung ist eine Methode zur Dokumentation der mit einem Produkt oder Produktionsprozess verbundenen Umweltaspekte und potenziellen Umweltwirkungen (vgl. Rautenstrauch 1999, 22) durch:

- Zusammenstellung einer Sachbilanz von relevanten Input- und Outputflüssen eines Produktionssystems,
- Bewertung der mit diesen Inputs- und Outputs verbundenen potenziellen Umweltwirkungen,
- Auswertung der Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungen hinsichtlich der Zielstellung der Studie.

In Abb. 1 sind die vier notwendigen Stufen zur Erstellung einer Ökobilanz dargestellt (vgl. Faustmann et al. 1999, 9).

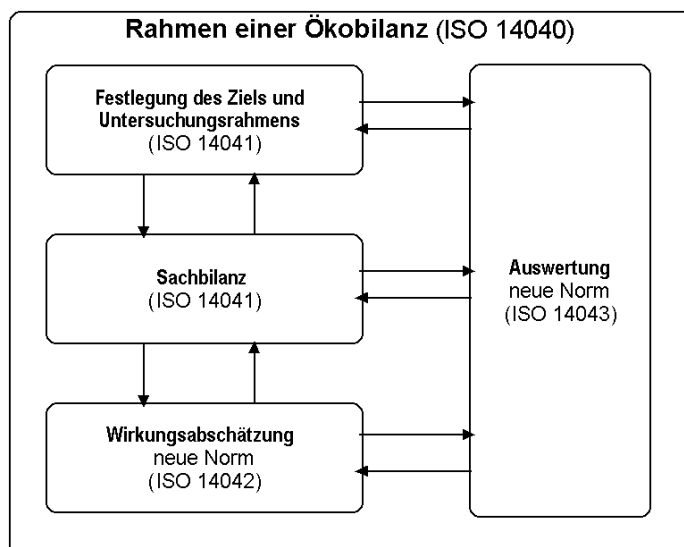


Abb. 1: Prozessschema einer Ökobilanz

Die Sachbilanz umfasst Datensammlungen und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputströme eines Systems. Zu den I/O-Strömen gehören eingesetzte Ressourcen, Emissionen in Luft, Wasser und Boden sowie die Produkte und Kuppelprodukte, die im Produktionsprozess entstehen. Eine Sachbilanz erfasst somit alle Stoff- und Energieströme innerhalb der Bilanzgrenzen, die in einer Input/Output-Bilanz zusammengestellt werden. Aus den erhobenen Daten können in Abhängigkeit vom Ziel und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz Auswertungen ermöglicht werden (vgl. Sietz 1998, 85).

Die Wirkungsbilanz ist die Beschreibung, der in der Sachbilanz erhobenen und aggregierten Flussgrößen hinsichtlich ihrer Wirkungspotenziale in der natürlichen Umwelt. Sie hat nicht den Anspruch, die tatsächlichen Wirkungen von konkreten Stoff- und Energieflüssen exakt zu erfassen, sondern den Stoff- und Energieflüssen der Sachbilanz potenzielle Wirkungen quantitativ zuzuordnen (vgl. Dold 1996, 99).

Die Bilanzbewertung unterzieht die verschiedenen Ergebnisse der Sachbilanz einer Bewertungslogik, so dass sie nachvollziehbar und transparent miteinander verknüpft werden können. Die Bewertungslogik hat einen entscheidenden Einfluss auf das Gesamtergebnis einer Ökobilanz. Hier wird festgelegt, welchen Stellenwert z. B. der Treibhauseffekt gegenüber dem Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässern hat.

Eine Wirkungsabschätzung und Bewertung wird durchgeführt, um die erhobenen Daten hinsichtlich der möglichen Umweltwirkungen zu beurteilen. Die Beurteilung wird getrennt von der Sachbilanz durchgeführt, weil es sinnvoll ist, dass Änderungen im Kenntnisstand über potenzielle Umweltwirkungen von Stoffen berücksichtigt werden können. In eine Wirkungsabschätzung gehen die Erfahrungen aus der ökologischen Wirkungsforschung, z. B. Wirkungsgrenzwerte und Gefahrenpotenziale der Stoffe ein. Zur Bewertung werden die Prioritäten der Gesellschaft bezüglich der Umweltpolitik, die sich in Grenzwerten, Umweltqualitätszielen o. ä. darstellen lassen, herangezogen.

Die Auswertung fasst die Ergebnisse der Sach- und Wirkungsbilanz entsprechend dem festgelegten Ziel und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz zusammen (vgl. DIN 1997, 16). Diese letzte Phase der Ökobilanz kann eine Sensitivitätsanalyse und Konsistenzprüfung, die Identifikation wesentlicher Umweltwirkungen sowie die Schlussfolgerung und Ableitung von Empfehlungen beinhalten. Sie dient dem besseren Verständnis der gewonnenen Daten.

Erst eine Verknüpfung der Sachinformationen mit Werturteilen kann die Grundlage für die Erstellung eines Umweltprogramms der Brauerei mit Maßnahmen und konkreten Zielen bilden.

1.3 Kennzahlensysteme in Umberto 3.1

Zur Erstellung der Ökobilanz für die Hasseröder Brauerei GmbH Wernigerode wird das Softwarewerkzeug Umberto verwendet. Umberto gewährleistet eine klare Trennung von Sach-, Wirkungs- und Bewertungsebene. Dazu enthält die Software eine getrennte Auswertungskomponente, den Valuation System Editor (VSE), der zur Erstellung eigener Bewertungs- und Kennzahlensysteme dient. Des Weiteren bietet dieser dem Anwender spezielle Funktionen zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung an. Der Vorteil von Umberto liegt u. a. darin, dass man nicht auf einen speziellen Ansatz zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung festgelegt ist, da zu dem VSE bereits mehrere Kennzahlensysteme mitgeliefert werden:

- Kennzahlensystem nach der UBA-Methode,
- Kennzahlensystem nach der Eco-Indicators 95-Methode und
- ein Kennzahlensystem nach der Methode der ökologischen Knappheit (Schweizer Ökopunktmethode)

Kennzahlen sind Bewertungsgrößen, die auf die Daten einer Sachbilanz angewendet, eine Auswertung nach einem festgelegten Schema darstellen. Diese werden auf Materialien, Koeffizienten und auf Parameter aus Stoffstromnetzen bezogen. Werden mehrere Kennzahlendefinitionen miteinander verknüpft, spricht man von einem Kennzahlensystem. Kennzahlensysteme können eine beliebige Komplexität besitzen: Von einfachen betrieblichen Kennzahlen (z. B. CO₂-Emissionen pro Produkteinheit) bis hin zu Bewertungen, die über mehrere hierarchische Ebenen getrennt betrachtet oder nach festgelegten Gewichtungsfaktoren aggregiert werden. Dabei kann man auf einfache Weise bestimmen, welche Sachbilanzdaten in die Bewertung einfließen. Hierfür stehen zahlreiche mathematische Funktionen und logische Operatoren zur Verfügung (vgl. Müller-Beilschmidt 1997, 105).

Kennzahlen können zu einem Kennzahlensystem in der Weise kombiniert werden, dass sich eine Aussage über die Sachbilanz in ihrer Gesamtheit bzw. der ökologisch relevanten Anteile daraus treffen lässt.

Die Verknüpfung einer oder mehrerer Kennzahlen kann über verschiedene Ebenen erfolgen und geschieht nach einem eindeutig definierten Schema (s. Abb. 2). Kennzahlensysteme sind universell definiert und von einzelnen Sachbilanzen unabhängig. In der Anwendung wird das Kennzahlensystem ausgewählt und anschließend mit einer Sachbilanz in Bezug gesetzt. Dabei erfolgt die Zuordnung der Elemente zu den Materialien der Bilanz (vgl. Schmidt 1997, 100). In Umberto geschieht diese Allokation unter der Prämisse der identischen Schreibweise der Materialien automatisch. Stimmt diese nicht überein, so kann eine manuelle Zuordnung durch den Nutzer erfolgen.

Die Ergebnisse der Kennzahlensysteme können in numerischer Form oder als Präsentationsgrafiken ausgegeben werden.

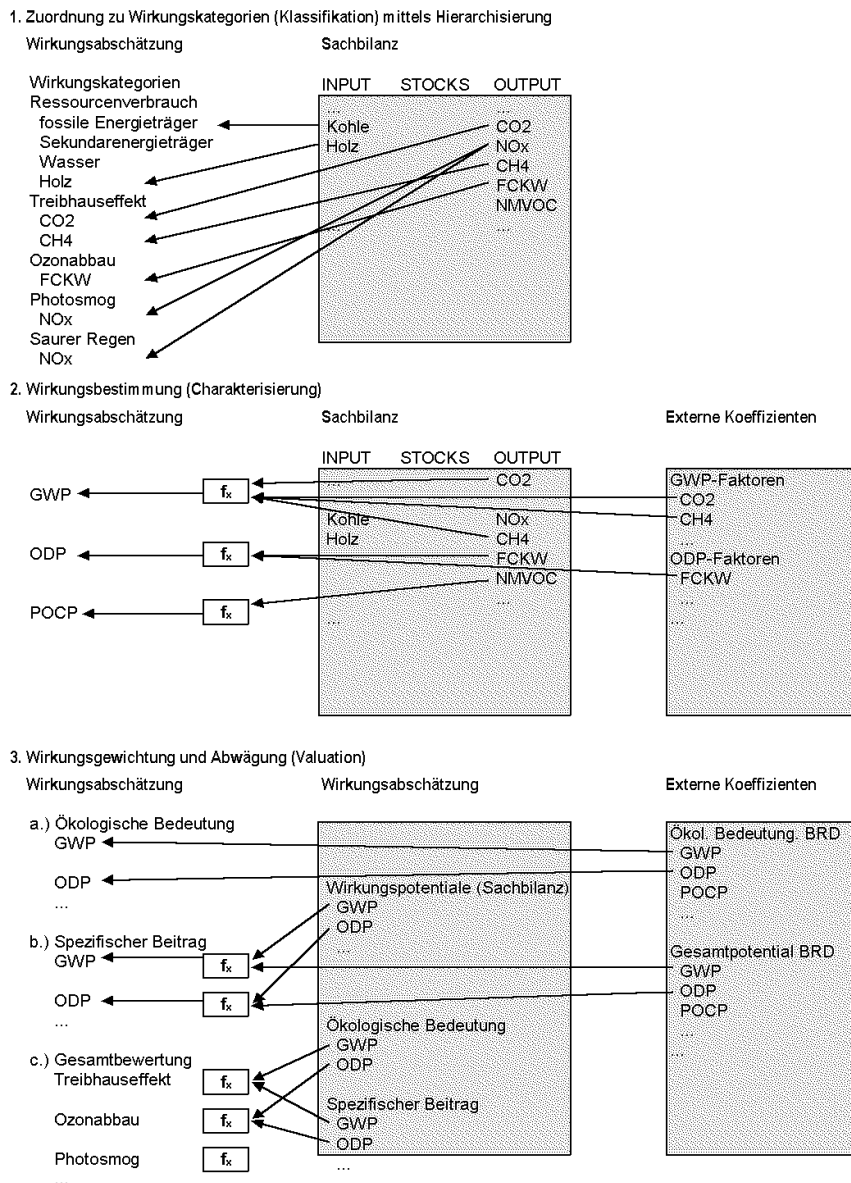


Abb. 2: Visualisierung der UBA-Methode im VSE

2 Wirkungsbilanzierung und Bilanzbewertung nach dem UBA-Ansatz Fallstudie Hasseröder Brauerei GmbH

Zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung der ergänzten Sachbilanz wird die Methode nach dem Ansatz des Umweltbundesamtes (UBA) verwendet. Diese Methode basiert auf einem Verfahren, das vom UBA 1995 veröffentlicht und vom ifeu-Institut Heidelberg entwickelt und implementiert wurde. Folgende Gründe sprechen für eine Anwendung der Methode:

- Die Methode bildet keinen hochaggregierten Faktor ab.
- Alle Zwischenergebnisse stehen für eine Auswertung zur Verfügung.
- Es werden Input/Output-Ströme und Emissionen zunächst zu Wirkungskategorien zugeordnet, bevor die Bewertung eine Gewichtung zwischen den einzelnen Kategorien vornimmt (vgl. Stahl 1999, 37).
- Die Methode des Umweltbundesamtes nimmt eine explizite Trennung zwischen Wirkungsbilanz und Bilanzbewertung vor.

2.1 Wirkungsabschätzung

Eine Durchführung der Wirkungsabschätzung erfolgt mit dem Ziel, die in der Sachbilanz erhaltenen Informationen zur Vorbereitung der darauffolgenden Bilanzbewertung zu verdichten. Um dies zu erreichen, müssen die erhobenen Stoffströme hinsichtlich ihrer potenziellen Umweltwirkungen beschrieben werden. Bei Stoffen mit vergleichbaren Wirkungen wird eine Aggregation vorgenommen. Dabei wird versucht, eine umfassende Wirkungsabschätzung aller In- und Outputströme vorzunehmen. Die Phase der Wirkungsabschätzung wird in folgende Schritte unterteilt:

- *Klassifikation*: Zuordnung von Sachbilanzdaten zu Wirkungskategorien,
- *Charakterisierung*: Modellierung und Aggregation der Sachbilanzdaten innerhalb der Wirkungskategorien und
- *Normalisierung*: Gewichtung und mögliche Zusammenfassung der Ergebnisse über alle Wirkungskategorien, um sie untereinander vergleichbar und eventuell aggregierbar zu machen.

Im ersten Schritt der Wirkungsbilanz, der Klassifikation, werden alle in der Sachbilanz ermittelten Stoff- und Energieströme (z. B. Ressourcenverbrauch, Emissionen und Abfallmengen) je nach ihren potenziellen Umweltwirkungen entsprechenden Wirkungskategorien zugeordnet. Danach werden daraus Wirkungspotenziale berechnet und es erfolgt eine Gewichtung und Abwägung der Wirkungen. In diese fließen einerseits der spezifische Beitrag der betrachteten Ökobilanz zu den bundesdeutschen Gesamteinflüssen in der jeweiligen Wirkungskategorie ein, andererseits auch die ökologische Bedeutung der Wirkungskategorie. Dieser letzte Schritt erfolgt ausschließlich qualitativ mit Hilfe verbaler Ausdrücke, wobei keine Totalaggregation aller Wirkungskategorien durchgeführt wird. Bei dieser Methode wird zugelassen, dass ein einzelner Stoff zu verschiedenen Kategorien vor dem Hintergrund unterschiedlicher Umweltwirkungen zugeordnet werden kann.

Das Umweltbundesamt hat eine Unterteilung der Umweltwirkungen in zehn Wirkungskategorien vorgeschlagen und implementiert:

1. Verbrauch von Rohstoffen
2. Treibhauseffekt

3. Ozonabbau
4. Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen
5. Direkte Schädigung von Organismen und Ökosystemen
6. Bildung von Photooxidantien
7. Versauerung von Böden und Gewässern
8. Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässer
9. Flächenverbrauch
10. Lärmbelastung

Die einzelnen Wirkungskategorien unterscheiden sich sowohl in ihren räumlichen Bezügen (globale, regionale und lokale Wirkung), als auch in den Angaben zur Stoffidentifizierung (Summenparameter, Einzelstofflisten). Eine Durchführung wirkungsbezogener Aggregationen von Stoffströmen ist je nach Wirkungskategorie unterschiedlich gegeben. Für den Bierherstellungsprozess der Hasseröder Brauerei ergeben sich folgende Potenziale:

Wirkungskategorie (Referenzsubstanz)	Standardberechnungsformel	Ergebnis
Ressourcenverbrauch - Fossile Energieträger - Nachwachsende Rohstoffe - Wasser unterschiedlicher Herkunft	Rohöl-Äquivalenzfaktor	797550,165 kg 38,85 m ³ 516478,92 m ³
Treibhauseffekt (CO ₂)	$\sum_{i=1}^n GWP(100)_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$ $\sum_{i=1}^n GWP(20)_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$	44455338,42 kg CO ₂
Ozonabbau (R11)	$\sum_{i=1}^n ODP_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$	0 kg
Photooxidantienbildung (Ethen)	$\sum_{i=1}^n POCP_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$	2737,67 kg Ethen
Versauerung (SO ₂)	$\sum_{i=1}^n AP_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$	19219,94 kg SO ₂
Eutrophierung	$\sum_{i=1}^n EP_i \cdot Emissionen_i \text{ in Luft [kg]}$	8757,88 kg PO ₄

Tab. 1: Auswahl wirkungsbezogener Aggregationsvorschriften

Nachfolgend ist eine Erläuterung der Abkürzungen in Tab. 1 gegeben:

- GWP(100)_i Global Warming Potential der Emission i für einen Zeitraum von 100 Jahren
- GWP(20)_i Global Warming Potential der Emission i für einen Zeitraum von 20 Jahren

- ODPi Ozon Depletion Potential der Emission i
- POCPi Photochemical Ozon Creation Potential der Emission i
- APi Acidification Potential der Emission i
- EPi Euthrophierung Potential der Emission i

2.2 Bilanzbewertung

In der Bilanzbewertung werden die Ergebnisse der Wirkungsbilanz und der Sachbilanz, insbesondere die einzelnen Wirkungsbereiche im Hinblick auf ihre relative Bedeutung zueinander und auf das Gesamtergebnis gewichtet. In der UBA-Methode wird verbal-argumentativ vorgegangen. Hierbei wird in mehreren Schritten verfahren. Zuerst werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung zur jeweiligen Belastungssituation (spezifischer Beitrag) ins Verhältnis gesetzt. Im zweiten Schritt wird die ökologische Bedeutung der einzelnen Wirkungskategorien festgelegt. In einem abschließenden Schritt wird aus dem spezifischen Beitrag und der ökologischen Bedeutung der Wirkungskategorien eine Gesamtbedeutung abgeleitet (vgl. Stahl 1999, 41; Schmitz 1995, A39). Die Gewichtung der zu bewertenden Größen erfolgt in zweierlei Hinsicht:

- Mit dem spezifischen Beitrag als normierendes Kriterium, anhand dessen die untersuchten Wirkungskategorien hinsichtlich des relativen Einflusses des Untersuchungsobjektes gewichtet werden.
- Mit der ökologischen Bedeutung als wertendes und priorisierendes Kriterium, das die untersuchten Wirkungskategorien hinsichtlich der Tragweite der Wirkungen für die Umwelt hierarchisiert (vgl. Schmitz 1995, A26).

Wasser wird in einer Brauerei bei vielen Prozessen eingesetzt. Die Wasserentnahme stellt den Maximalwert dar und wird mit "1" gleichgesetzt. Im Bezug zur Wirkungskategorie *Wasserentnahme*, erhalten alle anderen Wirkungskategorien einen Wert von „Gering“ bis „Mittel“ zugewiesen.

In Abb. 3 sind die relativen betriebsspezifischen Beiträge der Brauerei dargestellt. Diagrammbalken mit der gleichen Farbe gehören zur selben Wirkungskategorie. Es ist zu erkennen, dass die Brauerei keinen Beitrag zum Ozonabbau leistet. Bezogen auf den Höchstwert, in diesem Fall auf die Wasserentnahme als Ressourcenverbrauch, sind die anderen Beiträge der Wirkungskategorien als eher gering zu bezeichnen. Blei als Emission in Wasser und Emissionen in Luft in Form von Ammoniak und Fluorwasserstoff treten nicht auf. Staub wird laut Sachbilanz in so geringem Maße emittiert, dass es weniger als 1 % beträgt. Relativ gesehen trägt die Brauerei am meisten zu den Wirkungskategorien

- Verbrauch von Rohstoffen (Wasserentnahme),
- Nährstoffeintrag in Böden und Gewässer sowie

- Belegung von Deponieraum bei.

Während sich der spezifische Beitrag bewertungsneutral beschreiben lässt, dokumentiert die Festlegung der ökologischen Bedeutung die umweltpolitische und damit eine prioritätensetzende Komponente der Ökobilanz.

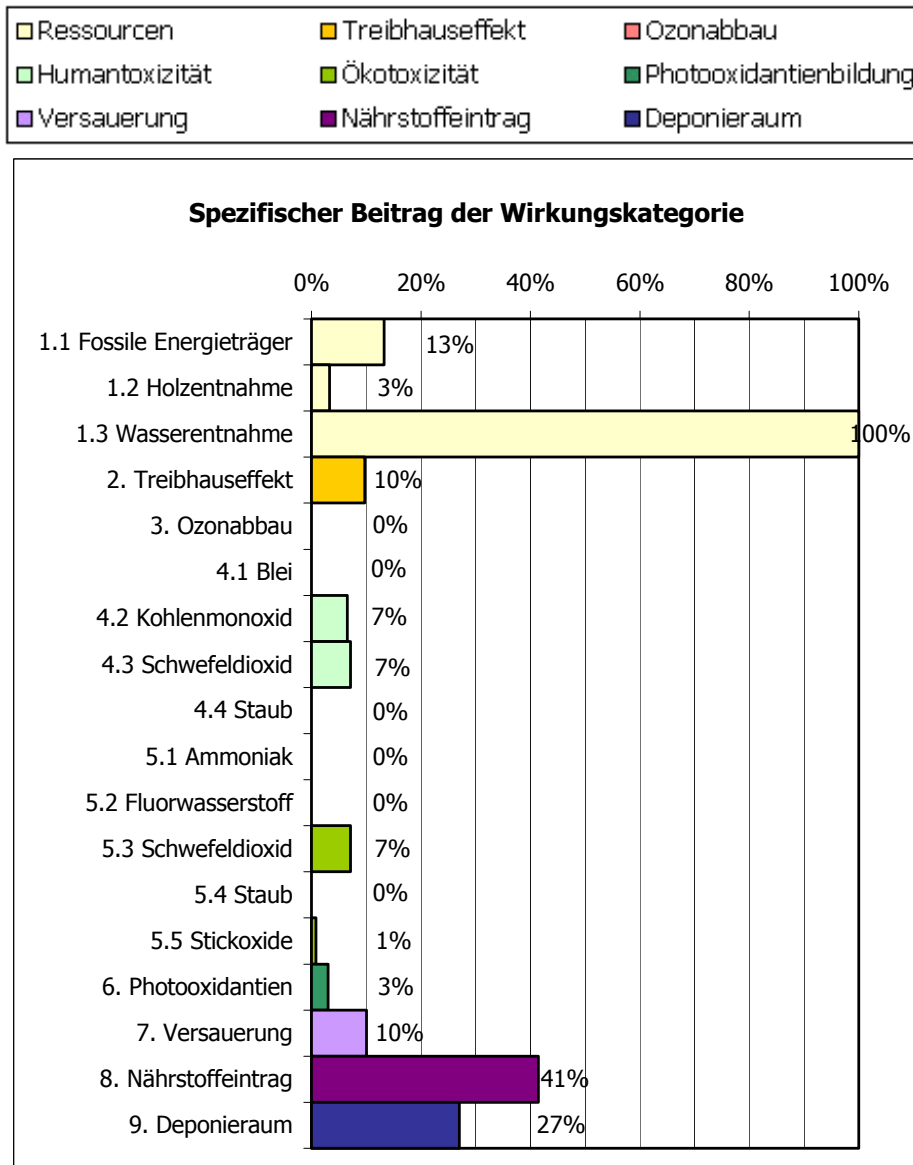


Abb. 3: Betriebsspezifische Beiträge (relativ bezogen auf den höchsten betriebsspezifischen Beitrag, Maximalwert=100%)

Der letzte Schritt der Bewertungsmethode nach UBA beinhaltet die verbalargumentative Gesamtbewertung mittels der Gewichtung der verschiedenen Wirkungskategorien durch den spezifischen Beitrag und der ökologischen Bedeutung. Sie beschränkt sich auf ein Abwägen der Wirkungskategorien untereinander und verzichtet damit auf eine weitere Verrechnung der Ergebnisse der Wirkungsbilanz.

Für die Brauerei ergibt sich für die einzelnen Wirkungskategorien die in Abb. 4 dargestellte Gesamtbewertung. Es ist zu erkennen, dass alle Kategorien nur eine *geringe* bis *mittlere* Gesamtbedeutung zugewiesen bekommen.

Ein Diagrammbalken, der eine Länge von 5 Einheiten besitzt, hat eine sehr große Gesamtbedeutung. Dies würde einen akuten Handlungsbedarf für die Brauerei bedeuten.

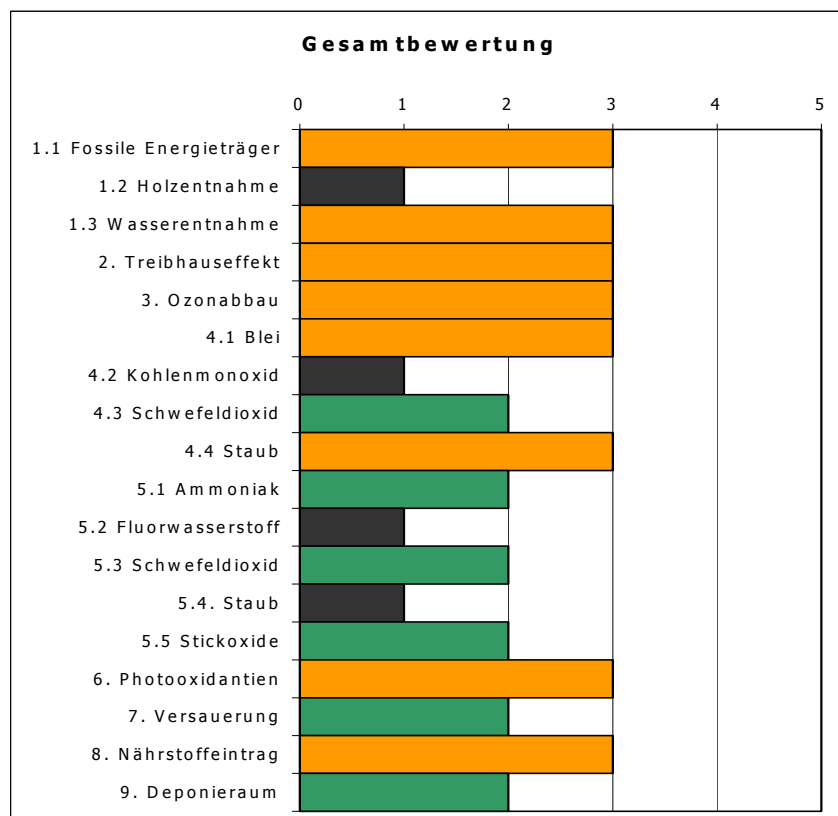


Abb. 4: Gesamtbewertung der einzelnen Wirkungskategorien

Als erstes werden die Wirkungskategorien ermittelt, die eine *sehr große* oder *große* Gesamtbedeutung besitzen, da für diese Umweltprobleme offensichtlich ein Handlungsbedarf besteht. Dies ist z. B. der Fall, wenn eine Wirkungskategorie mit *sehr großer* ökologischer Bedeutung einem *geringen* bis *mittleren* oder *sehr großen* spezifischen Beitrag gegenübersteht. Solche Wirkungskategorien, die ein bestimmtes Umweltproblem beschreiben, sind als Problemschwerpunkte zu sehen, und entsprechend sollte versucht werden, diese zu optimieren. Beim Herstellungsprozess in der Brauerei wird keiner Wirkungskategorie eine *große* oder *sehr große* Gesamt-

bedeutung zugeordnet. Das heißt, es kann kein vordringlicher Handlungsbedarf abgeleitet werden.

Anschließend werden Umweltprobleme mit *mittlerer* Gesamtbedeutung untersucht. Diesen Umweltproblemfeldern kann ein Handlungsbedarf unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit zuerkannt werden. Als Wirkungskategorien mit *mittlerer* Gesamtbedeutung wurden der Ressourcenverbrauch (Fossile Energieträger und Wasserentnahme), der Treibhauseffekt, die Humantoxizität (Staub, Bildung von Photooxidantien) und der Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässern identifiziert.

Wirkungskategorien mit *geringer* oder *geringer bis mittlerer* Gesamtbedeutung können in der Rangfolge im hinteren Bereich angesiedelt werden. Diese Aussage trifft auf die Wirkungskategorien mit einer *geringen/geringen bis mittleren* ökologischen Bedeutung zu, denen ein *geringer/geringer bis mittlerer* spezifischer Beitrag gegenübersteht. Zu diesen zählen die Kategorien: Ressourcenverbrauch (Holz), Humantoxizität (Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid), Versauerung von Böden und Gewässern, die Belegung von Deponieraum sowie die Ökotoxizität (Schwefeldioxid, Staub und Stickoxide).

Einigen Kategorien kommt beim Vergleich der spezifischen Beiträge zwar eine *geringe* Bedeutung zu, allerdings ist hierbei zu beachten, dass unter bestimmten Umständen eine Vielzahl von "Verursachern" mit jeweils *geringen* spezifischen Beiträgen durch die Summe ihrer Belastung ein bedeutendes Umweltproblem hervorrufen können. In diesem Fall sollte zusätzlich die Verursacherstruktur geprüft werden (vgl. UBA 1995, 19).

2.3 Erweiterung der UBA-Methode

Die UBA-Methode zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung wurde ursprünglich für eine Lebensweganalyse entwickelt, die alle ökologisch relevanten Stoff- und Energieströme von der Wiege bis zur Bahre untersucht. Der Gesamtprozess zur Herstellung von Bier in der Hasseröder Brauerei GmbH kann als Teil einer Lebenswegbilanz gesehen werden, da es sich um ein "Ein-Produkt-Unternehmen" handelt. Wirkungsabschätzungen setzen im allgemeinen voraus, dass die ermittelten Stoff- und Energieströme in den Input-/Output-Bilanzen der natürlichen Umwelt entnommen bzw. wieder zugeführt werden.

Da in dieser Untersuchung nur der Herstellungsprozess von Bier interessiert, werden bestimmte Vor- und Nachketten nicht betrachtet. Es sind einige Stoff- und Energieströme in der Prozessbilanz enthalten, die nicht der natürlichen Umwelt entnommen wurden oder ihr zugeführt werden. Ein Energieversorger der z. B. Methan als Erdgas an Haushalte liefert, enthält in seiner I/O-Bilanz Methan als Output. Daraus darf aber kein Beitrag zum Treibhauseffekt abgeleitet werden, da das Methan nicht an die natürliche Umwelt abgegeben wird (vgl. Möller 1999, 173).

Bislang konnten die meisten Stoff- und Energieströme den 10 vorhergehenden Wirkungskategorien zugeordnet werden. Dies trifft allerdings nicht auf alle Stoffe, wie

die meisten Hilfs- und Betriebsstoffe, zu. Dies führt zu einem verzerrten Bild, da diese Stoffe als spezielle Produkte ausschließlich im anthropogenen System vorkommen. Indirekt werden diese Stoffe über ihre Umwandlungsprodukte in der Sachbilanz bereits berücksichtigt. So tragen z. B. fast alle Reinigungs- und Desinfektionsmittel zur Schmutzfracht des Abwassers bei, das zu einem erhöhten CSB-Wert führt. Der Indikatorwert CSB wird zur Bewertung der Umweltkategorie Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässern herangezogen. Nachfolgend wird eine zusätzliche Wirkungskategorie Gefährdungs- und Störfallrisiko vorgestellt und eine Bewertung abgeleitet.

Wirkungskategorie Gefährdungs- und Störfallrisiko

Bestimmte Produkte, die in einem Betrieb angewendet werden, entfalten eine direkte Wirkung bei Störfällen. Sie tragen zum Gefährdungs- und Risikopotenzial bei der Lagerung und beim Einsatz der Stoffe bei. Deshalb wird eine Erweiterung der Methode des Umweltbundesamtes um eine Wirkungskategorie "Gefährdungs- und Störfallrisiko" vorgeschlagen. Dabei wird nach der Vorgehensweise der Methode des Umweltbundesamtes vorgegangen.

Klassifikation

Bei der Klassifikation werden ähnlich der Wirkungskategorie Verbrauch von Ressourcen verschiedene Unterkategorien gebildet. Diese orientieren sich an den Stoffeigenschaften und dem Verwendungszweck der Stoffe.

- Reinigungs- und Desinfektionsmittel (RuD): Stoffe, die für die Reinigung und Desinfektion (CIP) der Rohr- und Tanksysteme verwendet werden.
- Filtrationshilfsmittel: Stoffe, die zur Herstellung von Filtratbier aus Unfiltrat unverzichtbar sind.
- Bandschmiermittel: Stoffe wie z. B. Schmiermittel für Förderbänder, Drängeltische, Pack- und Entpackmaschinen.
- sonstige Hilfs- und Betriebsstoffe (HuB): Stoffe, die nicht den anderen Unterkategorien zuzuordnen sind.

Charakterisierung

Zur Beurteilung werden verschiedene Kriterien hinsichtlich des Boden und Grundwasserschutzes, des Brandverhaltens, des Arbeitsschutzes, Emissionen und der Umweltverträglichkeit bei Störfällen herangezogen.

Um quantitative und qualitative Aspekte einbeziehen zu können, werden sogenannte Bewertungsziffern (BZ) für die einzelnen Stoffparameter eingeführt (s. Tab. 2). Eine

Einschätzung des Gefährdungspotenzials erfolgt auf der Grundlage der Menge gelagerter bzw. in der Produktion eingesetzter Stoffe. Kann der Stoffparameter für einen Stoff nicht ermittelt werden oder existiert er nicht, so wird als Bewertungsziffer eine Null angegeben.

Wassergefährdungsklasse (WGK)		BZ(WGK)
0	im allgemeinen nicht wassergefährdend	0
1	schwach wassergefährdend	1
2	wassergefährdend	3
3	stark wassergefährdend	6
Gift (G)		BZ(G)
Xi	reizend	1
C	ätzend	2
Xn	mindergiftig	3
T	giftig	6
T+	sehr giftig	7
Brandverhalten (BV)		BZ(BV)
EZ	entzündlich	2
F	leicht entzündlich	3
F+	hoch entzündlich	4
O	brandfördernd	5
E	explosionsgefährlich	7
Anzahl R-Sätze (RS)		BZ(RS)
1		2
2-3		3
4-5		5
Umweltverträglichkeit (U)		BZ(U)
N	umweltgefährlich	3

Tab. 2: Bewertungsziffern für Stoffparameter

Durch Multiplikation der eingesetzten Menge m_i eines Stoffes mit dessen Bewertungsziffer kann ein Gefährdungspotenzial (GP) quantitativ ermittelt werden. Durch Summenbildung der Gefährdungspotenziale der einzelnen Stoffe erhält man das Gesamtrisikopotenzial einer bestimmten Gruppe von Stoffen, z. B. der Reinigungs- und Desinfektionsmittel eines Unternehmens (vgl. UBA 1995, 281).

Gefährdungspotenzial:

$$\sum_{i=1}^n \{m_i \cdot [BZ(WGK) + BZ(G) + BZ(BV) + BZ(RS) + BZ(U)]\} \quad [kg]$$

Für die Hasseröder Brauerei GmbH ergeben sich für die o. g. Stoffgruppen die in Tab. 3 aufgeführten Gefährdungspotenziale:

Stoffgruppe	Gefährdungspotenzial
RuD (CIP)	7625374,87 kg
Filtrationshilfsmittel	840646,76 kg
Bandschmiermittel	180210,24 kg
sonstige HuB	135392,37 kg

Tab. 3: Gefährdungspotenziale eingesetzter Stoffe

Bewertung

Gemäß der UBA-Methode müssen nun noch der spezifische Beitrag und die ökologische Bedeutung der Kategorie ermittelt werden. Um den spezifischen Beitrag der einzelnen Unterkategorien ermitteln zu können, müssen die Gesamtpotenziale für den Bezugsraum ermittelt werden. Da im Rahmen dieser Fallstudie keine Daten diesbezüglich ermittelt werden konnten, wird eine alternative Bewertung vorgeschlagen. Diese hält sich nicht an die Konventionen der UBA-Methode, erlaubt allerdings eine Abschätzung.

Um eine ausreichende Bewertung zu erlangen, kann ein maximal mögliches Risikopotenzial gebildet werden. Dieses ergibt sich jeweils durch die Multiplikation der gelagerten Menge eines Stoffes mit der maximalen Bewertungsziffer je Stoffparameter und anschließender Summenbildung. Die Formel zur Ermittlung des *max. Gefährdungspotenzials* lautet:

$$\sum_{i=1}^n \{m_i \cdot [BZ(WGK)_{\max} + BZ(G)_{\max} + BZ(BV)_{\max} + BZ(RS)_{\max} + BZ(U)_{\max}]\} \quad [kg]$$

Im nächsten Schritt wird eine Gewichtung des Gefährdungspotenzials durch das maximal mögliche Gefährdungspotenzial vorgenommen. Dadurch erhält man eine dimensionslose Bewertungszahl zwischen 0 und 1.

$$BZahl = \frac{\text{Gefährdungspotenzial}}{\text{max. Gefährdungspotenzial}}$$

Durch Rangbildung kann nun eine verbale Gesamtbewertung abgeleitet werden (s. Tab. 4).

Zuordnung erfolgt,	wenn BZahl:
geringe Bedeutung	< 0,2
geringe bis mittlere Bedeutung	0,2 bis 0,4
mittlere Bedeutung	0,4 bis 0,6
große Bedeutung	0,6 bis 0,8
sehr große Bedeutung	0,8 bis 1

Tab. 4: Ordinale Skala für eine Bewertung

Diese Art der Bewertung ermöglicht eine erste annähernde Abschätzung des Risikos, das von speziellen Produkten aus dem anthropogenen System ausgeht (s. Tab. 5)

Stoffgruppe	Gefährdungspotenzial		Bewertung
RuD	7625374,87 kg	0,1960	gering
Filtrationshilfsmittel	840646,76 kg	0,1941	gering
Bandschmiermittel	180210,24 kg	0,2857	gering - mittel
sonstige HuB	135392,37 kg	0,0357	gering

Tab. 5: Bewertung Hilfs- und Betriebsmittel

Das Gefährdungspotenzial und Störfallrisiko für Hilfs- und Betriebsmittel in der Hasseröder Brauerei wird als *gering* bis *mittel* eingeschätzt.

3 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Fallstudie wurden für die Hasseröder Brauerei GmbH die verbleibenden Phasen der Ökobilanz durchgeführt. Es handelt sich hierbei um die Phasen der Wirkungsabschätzung/Bilanzbewertung sowie die Auswertung der Ökobilanz. In einem vorausgegangenem Projekt wurde festgestellt, dass es bei der Wirkungsbilanzierung zu Allokationsproblemen zwischen den Projektmaterialien und den Elementen von implementierten Kennzahlensystemen kommt. Nicht alle ermittelten Stoffströme konnten einer Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung unterzogen werden (vgl. Faustmann/Lutze 1999, 79). Zur Lösung des Problems wurden zunächst verschiedene Wirkungsabschätzungsmethoden untersucht und miteinander verglichen. Im Ergebnis des Abwägungsprozesses wurde die Methode des Umweltbundesamtes angewendet und erweitert.

Im Zuge der Analyse und Erweiterung der UBA-Methode zur Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung wurde ein zusätzliches Allokationsproblem festgestellt. Verschiedene in der Methode implementierten Materialien können zwar bewertet werden, jedoch fehlen die entsprechenden Daten in der Sachbilanz. Aus diesem Grund wurde das Stoffstromnetz zur Ermittlung der Sachbilanz in Umberto um weitere wichtige Parameter erweitert und zusätzliche Daten in der Brauerei erhoben. Die Sachbilanz wurde erneut berechnet, da sich einige Angaben, z. B. bezüglich der Luftemissionen, geändert hatten bzw. neue Daten erhoben wurden. Diese wurde zur Erstellung der Wirkungsbilanz herangezogen.

In der Phase der Wirkungsabschätzung wurden verschiedene Potenziale ermittelt, die es der Brauerei ermöglichen, ihre Umweltproblempunkte zu erkennen. Im einzelnen wurden fossile Energieträger im Rahmen von Rohöl-Ressourcen-Äquivalenten aggregiert, klimawirksame Stoffe durch CO₂-Äquivalente, Photooxidantienbildung durch Ethen-Äquivalente, Nährstoffeinträge durch Phosphat-Äquivalente und die Versauerung durch SO₂-Äquivalente. Der Kategorie Ozonabbau konnten keine klimarelevanten Gase zugeordnet werden, so dass kein Ozonabbaupotenzial ermittelt werden konnte. Bei den Rohstoffen wurde nach fossilen Energieträgern, Holz und Wasser differenziert. Äquivalenzbetrachtungen waren aber nicht für alle Wirkungskategorien möglich, so dass auf eine Aggregation in den Kategorien Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen und Direkte Schädigung von Organismen und Ökosystemen verzichtet wurde.

In der Phase der Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung wurde das erworbene Wissen aus den Sachbilanzen neu zusammengefasst. Dabei wurden neue Erkenntnisse und Bewertungen ermöglicht. Die verschiedenen Beiträge der Stoffströme zu den einzelnen Wirkungskategorien wurden durch Äquivalenzbetrachtungen ermittelt und wo möglich aggregiert.

Für einige Wirkungskategorien liegen anerkannte Formeln zur Berechnung vor. Für die Kategorien Human- und Ökotoxizität fehlen solche Modelle bisher. Daher war eine einzelstoffliche Bewertung unumgänglich. Weitere ökologisch wichtige Wirkungskategorien, z. B. Artenvielfalt oder Belästigungen durch Gerüche bleiben bei der vorliegenden Abschätzungsmethode unberücksichtigt.

Das Ergebnis der bewerteten Ökobilanz der Hasseröder Brauerei GmbH Wernigerode zeigt, dass keine bedeutenden Umweltprobleme bestehen. Keine der betrachteten Wirkungskategorien besitzt eine *sehr große* oder *große* Bedeutung, was einen akuten Handlungsbedarf bedeuten würde. Die Brauerei trägt auch nicht zum Ozonabbau bei. Den Kategorien

- Fossile Energieträger,
- Wasserentnahme,
- Treibhauseffekt,
- Bildung von Photooxidantien sowie
- Nährstoffeintrag in Böden und Gewässer

wird eine *mittlere* Bedeutung für Umweltprobleme zugeordnet.

Die Stoffeinträge zu diesen Kategorien können von der Brauerei positiv beeinflusst werden. Ökologisch gesehen ist es z. B. ratsam, die Energieerzeugung durch Biogas zu intensivieren, da hierdurch der Beitrag zur Kategorie Ressourcenverbrauch fossiler Energieträger reduziert werden kann. Andererseits wird dadurch wahrscheinlich eine Zunahme des Treibhauseffektes generiert.

Von untergeordneter Bedeutung sind folgende Kategorien zu sehen: Belegung von Deponieraum, Versauerung von Böden und Gewässern sowie Schwefeldioxidemissionen in den Kategorien Ökotoxikologie und Humantoxikologie. Diese haben eine *geringe* bis *mittlere* Gesamtbedeutung. Durch Simulation im Stoffstromnetz kann die Brauerei in Zukunft abschätzen, welche ökologischen Wirkungen sich potenziell ergeben, wenn am Prozessablauf etwas geändert wird. Voraussetzung hierfür ist, dass die Brauerei das Stoffstromnetz weiter pflegt. Im Ergebnis der Bewertung der Hasseröder Brauerei GmbH Wernigerode durch eine bewertete Ökobilanz konnten keine belastenden Schwachstellen aufgedeckt werden. Aus der Ökobilanz kann derzeit kein akuter Handlungsbedarf für die Brauerei abgeleitet werden. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit sollten jedoch der Wasserverbrauch und der Nährstoffeintrag in Böden und Gewässer optimiert werden.

Für die Zukunft wäre es sinnvoll die implementierte Bewertungsmethode weiter zu ergänzen. So könnten in der Folgezeit Lärm- und Geruchsemissionen zusätzlich bewertet werden.

4 Literaturverzeichnis

- DIN (1997): DIN 14040. Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Fassung der EN ISO 14040. Beuth-Verlag, Berlin.
- Dold, G. (1996): Computerunterstützung der produktbezogenen Ökobilanzierung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.
- Faustmann, A., Lutze, V. (1999): Stoffstrombasierte betriebliche Ökobilanzierung und Bewertung – Fallstudie anhand des Bierherstellungsprozesses bei der Hasseröder Brauerei GmbH. Diplomarbeit, Universität Magdeburg.
- Faustmann, A., Lutze, V., Marx-Gomez, J., Rautenstrauch, C. (2000): Stoffstrombasierte Ökobilanzierung und Bewertung eines Bierherstellungsprozesses – Fallstudie. Preprint Nr. 1, Fakultät für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Möller, A. (1999): Grundlagen stoffstrombasierter Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Dissertation, Universität Hamburg.
- Müller-Beilschmidt, P. (1997): Flexible Kennzahlensysteme mit dem "Valuation System Editor", in: Schmidt, M., Häuslein, A. (1997), S. 105-112.
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Springer Verlag, Berlin.
- Schmidt, M. (1997): Möglichkeiten der Wirkungsanalyse und Bewertung von Sachbilanzen, in: Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997), S. 91-104.
- Schmidt, M.; Häuslein, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer Verlag, Berlin.
- Schmitz, S. (1995): Ökobilanz für Getränkeverpackungen. UBA, Berlin.
- Sietz, M. (1998): Umweltschutz, Produktqualität und Unternehmenserfolg. Vom Öko-Audit zur Ökobilanz. Springer Verlag, Berlin.
- Stahl, B. (1999): Methodenvergleich und Methodenentwicklung zur Lösung der Bewertungsproblematik in produktbezogenen Ökobilanzen. Dissertation, Universität Bremen.
- UBA (1995): Handbuch Umweltcontrolling. Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt. Vahlen, München.