



Thema:

**Erstellung eines semantischen Netzes
für die Stoff- und Energiebilanzierung**

Diplomarbeit

Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik

Themensteller: Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt

Betreuer: Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt

Vorgelegt von: Torsten Adloff

Abgabetermin: 26.08.08

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung und Motivation	1
2 Stoff- und Energiebilanzierung	3
2.1 Grundlagen der Stoff- und Energiebilanzierung	3
2.1.1 Umweltmanagement	3
2.1.2 Managementmethoden zur Beschreibung der umweltorientierten Leistung	5
2.1.3 Stoff- und Energiebilanzierung	6
2.2 Aufbau einer Stoff- und Energiebilanzierung	7
2.2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen	7
2.2.2 Sachbilanz	8
2.2.3 Wirkungsabschätzung	11
2.2.4 Auswertung	12
2.3 Umweltbezogene Metainformationen	15
2.4 Bezug zu Instrumenten des Wissensmanagement	16
3 Semantische Komponenten im Rahmen der Stoff- und Energiebilanzierung	19
3.1 Ansatz EML mit Anwendungssystem Account	19
3.1.1 Struktur der EML	20
3.1.2 Ziel- und Untersuchungsrahmen	25
3.1.3 Sachbilanzierung	25
3.1.4 Wirkungsabschätzung	31
3.1.5 Auswertung	32
3.2 Ansatz XML-Schema auf Grundlage der ISO-Normen	33
3.2.1 Zieldefinition	33
3.2.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens	34
3.2.3 Sachbilanzierung	36
3.2.4 Wirkungsabschätzung	39
3.2.5 Auswertung	40
4 Grundlagen von Topic Maps	42
4.1 Ziele des Einsatzes von Topic Maps	42
4.2 Einführung in Topic Maps	43
4.2.1 Topics und Topic Types	44
4.2.2 Topic Names	45
4.2.3 Topic Occurrences und Occurrence Roles	46
4.2.4 Topic Associations, Association Types und Association Roles	47

4.2.5	Scopes, Themes und Facets	48
4.2.6	Topic Maps und Topic Map Templates	50
5	Erstellung von Topic Maps im Kontext der Stoff- und Energiebilanzierung.....	51
5.1	Konventionen für die Erstellung der Topic Maps	51
5.2	Praktische Umsetzung	53
5.3	Erstellung einer Topic Map für den Ansatz der EML mit dem Anwendungssystem ACCOUNT	55
5.3.1	Grobstruktur	56
5.3.2	Typisierung von Topics	56
5.3.3	Ziel- und Untersuchungsrahmen	59
5.3.4	Sachbilanzierung	59
5.3.5	Wirkungsabschätzung	62
5.3.6	Auswertung	63
5.4	Erstellung einer Topic Map für den Ansatz des XML-Schemas auf Grundlage der Normen zur Ökobilanzierung.....	64
5.4.1	Ziel und Untersuchungsrahmen	64
5.4.2	Sachbilanzierung	66
5.4.3	Wirkungsabschätzung	67
5.4.4	Auswertung	68
6	Merging der Topic Maps	70
6.1	Begriff und standardisiertes Vorgehen.....	70
6.2	Vergleich der beiden Topic Maps und Identifizierung gleichartiger semantischer Komponenten	71
6.3	Zusammenführen der Ansätze.....	74
6.3.1	Ziel und Untersuchungsrahmen	75
6.3.2	Sachbilanzierung	77
6.3.3	Wirkungsabschätzung	84
6.3.4	Auswertung	86
7	Zusammenfassung und Ausblick	87
A	Quelltext der Topic Map.....	89
	Literaturverzeichnis	90

Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

BUIS	Betriebliches Umweltinformationssystem
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DTD	Document Type Definition
EMAS	Eco- Management and Audit Scheme
EML	Environmental Markup Language
EN	Europäische Norm
ERM	Entity-Relationship Model
e. V.	eingetragener Verein
IEC	International Electrotechnical Commission
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH, Berlin
ISO	International Standard Organization
N ₂ O	Distickstoffmonoxid
PSI	Published Subject Indicator
TNC	Topic Naming Constraint
UIS	Umweltinformationssystem
URI	Uniform Resource Identifier
XML	eXtensible Markup Language
XTM	eXtensible Topic Map

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Die umweltorientierte Leistung als messbares Ergebnis des Umweltmanagementsystems einer Organisation in Bezug auf die Beherrschung ihrer Umweltaspekte.....	5
Abb. 2.2 Beziehung zwischen den Bestandteilen der Auswertungsphase und anderen Phasen der Ökobilanz	14
Abb. 3.1 Grobstruktur der EML.....	21
Abb. 3.2 Datensatzinformationen der EML.....	21
Abb. 3.3 Informationen zu den Datenquellen der EML	23
Abb. 3.4 Indizierungsinformationen der EML.....	23
Abb. 3.5 Informationen zum Anwendungsbereich der EML.....	24
Abb. 3.6 Informationen zum zeitlichen Bezug der EML.....	24
Abb. 3.7 Informationen zu Verantwortlichkeiten der EML.....	25
Abb. 3.8 Schema der Flussartenrechnung in ACCOUNT	27
Abb. 3.9 Schema der Flusstellenrechnung in ACCOUNT	29
Abb. 3.10 Schema der Flussträgerrechnung in ACCOUNT.....	30
Abb. 3.11 Schema der Wirkungsabschätzung in ACCOUNT	31
Abb. 3.12 Struktur der XML-Schemadefinition	33
Abb. 3.13 Zieldefinition des XML-Schemas	34
Abb. 3.14 Untersuchungsrahmen des XML-Schemas	36
Abb. 3.15 Sachbilanzierung des XML-Schemas	37
Abb. 3.16 Öko-Kontenrahmen im XML-Schema.....	37
Abb. 3.17 Zuordnung der Flüsse zu Prozessmodulen im XML-Schema.....	38
Abb. 3.18 Wirkungskategorie im XML-Schema	39
Abb. 3.19 Zuordnung der Flüsse zu Wirkungskategorien im XML-Schema	40
Abb. 3.20 Auswertung im XML-Schema	41
Abb. 4.1 Beispiel für eine Topic Map.....	45
Abb. 4.2 Erweiterung der Topic Map um Topic Occurrences	47
Abb. 4.3 Erweiterung der Topic Map um Topic Associations und Association Roles ..	48
Abb. 4.4 Erweiterung der Topic Map um Scopes.....	49
Abb. 5.1 Oberfläche des TM4L-Editors	54
Abb. 5.2 Visualisierung von Topic Maps in Vizigator	55
Abb. 5.3 Beispiel für Topic-Typisierung	57
Abb. 5.4 Metadaten der EML innerhalb der ACCOUNT Topic Map	59
Abb. 5.5 Flussartenrechnung innerhalb der ACCOUNT Topic Map	60

Abb. 5.6 Einordnung von Flussstellen in den Kontenrahmen innerhalb der ACCOUNT Topic Map.....	61
Abb. 5.7 Metadaten der ACCOUNT Topic Map.....	61
Abb. 5.8 Wirkungsabschätzung innerhalb der ACCOUNT Topic Map.....	62
Abb. 5.9 Berechnungen in der Wirkungsabschätzung innerhalb der ACCOUNT Topic Map.....	63
Abb. 5.10 Berichte der EML-ACCOUNT Topic Map.....	63
Abb. 5.11 Grobstruktur der Stoff- und Energiebilanzierung in der XML-Schema Topic Map.....	64
Abb. 5.12 Prozessmodul in der XML-Schema Topic Map.....	65
Abb. 5.13 Sachbilanzierung der XML-Schema Topic Map.....	66
Abb. 5.14 Einheiten in der Sachbilanzierung in der XML-Schema Topic Map.....	67
Abb. 5.15 Wirkungsabschätzung in der XML-Schema Topic Map.....	67
Abb. 5.16 Auswertung in der XML-Schema Topic Map.....	68
Abb. 6.1 Grobstruktur der Merged Topic Map.....	75
Abb. 6.2 Verlinkung auf Metadaten der EML.....	77
Abb. 6.3 Öko-Kontenrahmen der Merged Topic Map.....	78
Abb. 6.4 Einteilung der Sachbilanzierung der Merged Topic Map.....	79
Abb. 6.5 Flussartenrechnung der Merged Topic Map.....	80
Abb. 6.6 Angabe von Einheiten in der Merged Topic Map.....	81
Abb. 6.7 Flussstellenrechnung der Merged Topic Map.....	81
Abb. 6.8 Flussträgerrechnung der Merged Topic Map.....	83
Abb. 6.9 Wirkungsabchätzung in der Merged Topic Map.....	84
Abb. 6.10 Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle der Merged Topic Map.....	85
Abb. 6.11 Auswertung der Merged Topic Map.....	86

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 Allgemeiner Ökokontenrahmen am Beispiel eines produzierenden Unternehmens	9
Tab. 2.2 Öko-Kontenrahmen mit Mengen- und Wertströmen.....	10
Tab. 2.3 Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ mit dem Wirkungskategorie-Indikator „CO ₂ -Äquivalente“	12

1 Einleitung und Motivation

Für Unternehmen sind nicht zuletzt infolge des aktuell in der Öffentlichkeit diskutierten Klimawandels die Themen Umweltschutz sowie die eigene Umweltleistung von wachsender Bedeutung geworden. Angesichts des steigenden Umweltbewusstseins der Bevölkerung sowie verschärfter gesetzlicher Regelungen besteht der Bedarf nach einem erfolgreichen Umweltmanagement. Dabei sehen sich Unternehmen zunehmend der Herausforderung gegenüber, im globalen Wettbewerb bestehen zu müssen, wobei ihre Umweltleistung einen entscheidenden Erfolgsfaktor darstellen kann, da diese in hohem Maße das äußere Erscheinungsbild des Unternehmens für Gläubiger, Investoren und die allgemeine Öffentlichkeit prägt.

Um eine Einschätzung der Umweltleistung vornehmen zu können, werden Methoden benötigt, die eine systematische Erfassung von Daten der betrieblichen Leistungserstellung ermöglichen und zugleich eine Beurteilung der damit verbundenen potenziellen Umweltauswirkungen erlauben. Der dabei erzielte Informationsgewinn bildet die Grundlage für Verbesserungen der Umweltleistung und kann weiterhin für das Management als Entscheidungsunterstützung innerhalb der strategischen Planung dienen.

Die Stoff- und Energiebilanzierung entspricht einer solchen Methode, die eine Organisation bei den Aufgaben des betrieblichen Umweltschutzes unterstützen kann. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Erstellung eines semantischen Netzes für die Stoff- und Energiebilanzierung. Dabei sollen die Grundbestandteile der Stoff- und Energiebilanzierung identifiziert und mit Hilfe von Topic Maps miteinander in Verbindung gebracht werden, um somit eine Wissensbasis für den Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung aufzubauen. Gerade das in einer Organisation gespeicherte Wissen sowie die Fragen der Identifikation, Strukturierung und Darstellung dieses Wissens sind für Unternehmen von besonderer Bedeutung, da dieses Wissen einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor darstellt.

Ziel dieser Arbeit ist somit die Erstellung einer Topic Map auf konzeptueller Ebene für den Themenbereich der Stoff- und Energiebilanzierung. Dabei sollen unterschiedliche Ansätze der Stoff- und Energiebilanzierung untersucht und in einem Netz zusammengeführt werden. Es wird eine Verbindung von Umweltmanagement und Wissensmanagement angestrebt sowie eine Verknüpfung von ökologischen und ökonomischen Informationen.

Im zweiten Kapitel erfolgt zunächst eine Einführung in die Thematik der Stoff- und Energiebilanzierung. Dabei wird auf die Rolle der Normen zur Ökobilanzierung sowie auf die IÖW-Methode als Ansätze der Bilanzierung eingegangen.

Im folgenden dritten Kapitel werden zwei verschiedene Ansätze zur Stoff- und Energiebilanzierung vorgestellt und deren Aufbau analysiert, um deren semantische Elemente zu ermitteln. Kapitel vier enthält eine Vorstellung des Topic Map Standards, wobei auf grundlegende Bestandteile eingegangen wird, welche an Beispielen erläutert werden.

In Kapitel fünf wird für die vorgestellten Ansätze der Stoff- und Energiebilanzierung jeweils eine separate Topic Map entworfen. Diese beiden Topic Maps werden anschließend in Kapitel sechs zusammengeführt, wobei eine Symbiose der beiden zugrunde liegenden Ansätze angestrebt wird. Es wird ein semantisches Netz erstellt, das Elemente aus beiden Ansätzen in sich vereint.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeit und einen Ausblick auf mögliche weitere Entwicklungen im abschließenden Kapitel sieben gegeben.

2 Stoff- und Energiebilanzierung

2.1 Grundlagen der Stoff- und Energiebilanzierung

Zunächst wird die Umweltmanagementmethode Stoff- und Energiebilanzierung in den Kontext des Umweltmanagements eingegliedert und im Zusammenhang mit der Methode der Ökobilanzierung erläutert.

2.1.1 Umweltmanagement

Bereits im Jahre 1993 hat die Europäische Wirtschaftsgemeinde (EWG) mit der Verordnung Nr. 1836/93 die Grundlage eines Gemeinschaftssystems für Unternehmen geschaffen, die – auf freiwilliger Basis – ihre Umweltleistungen verbessern wollen. Diese so genannte *EMAS-Verordnung* (EMAS, kurz für Eco- Management and Audit Scheme) bezweckt ein Zusammenwirken von Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung (vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaft (1993)).

Nachdem von der International Standard Organisation (ISO) im Jahre 1996 die Umweltmanagementnorm ISO 14001 veröffentlicht wurde (vgl. Deutsches Institut für Normung (1996)), existierten im europäischen Raum zwei Normen. Um eine Mehrbelastungen für Unternehmen zu vermeiden, wurde im Jahre 2001 die EMAS in einer novellierten Fassung verabschiedet, in der die Anforderungen an die ISO-Norm 14001 angepasst wurden (vgl. Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2001), S. 5). Somit sind die EMAS-Verordnung und die DIN EN ISO Norm 14001 weitestgehend ähnlich strukturiert und ermöglichen den Unternehmen, beide Normen ohne Mehraufwand umzusetzen.

Unter dem Begriff des *Umweltmanagements* werden diejenigen Aspekte der gesamten Managementfunktionen verstanden, die die Umweltpolitik bestimmen und für ihre Anwendung ausschlaggebend sind (vgl. Arndt (1997), S. 96). Sowohl in der EMAS-Verordnung als auch in der DIN EN ISO 14001 wird auf eine explizite Definition des Umweltmanagement verzichtet und stattdessen der Begriff des *Umweltmanagementsystems* verwendet (vgl. Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2001); Deutsches Institut für Normung (1996)). Da

Ein *Umweltmanagementsystem* ist definiert als „(...) der Teil des übergreifenden Managementsystems [einer Organisation], der die Organisationsstruktur, Planungstätigkeiten, Verantwortlichkeiten, Methoden, Verfahren, Prozesse und Ressourcen zur Entwicklung, Implementierung, Erfüllung, Bewertung und Aufrechterhaltung der Umweltpolitik umfasst (...)“ (Deutsches Institut für Normung (1996), S. 7). Das Ziel eines Umweltmanagementsystems liegt dabei in der

kontinuierlichen Verbesserung der umweltorientierten Leistung einer Organisation durch die Reduktion der Umweltauswirkungen (vgl. Dorn (1998), S. 14f)

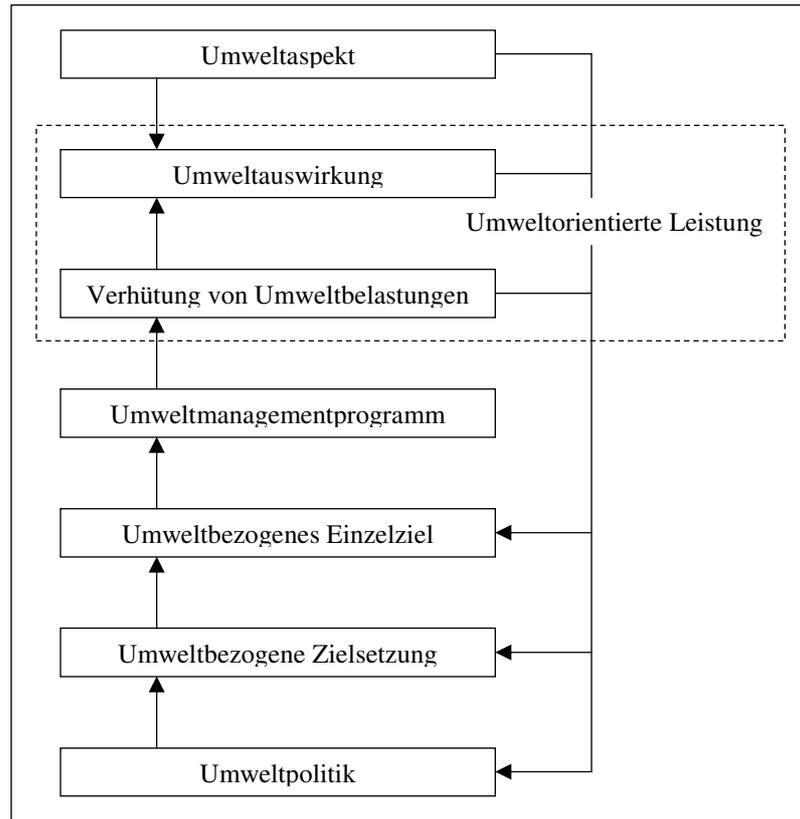
Die *umweltorientierte Leistung* wird bezeichnet als „(...) messbare Ergebnisse des Umweltmanagementsystems einer Organisation in Bezug auf die Beherrschung ihrer Umweltaspekte, welche auf der Umweltpolitik und den umweltbezogenen Zielsetzungen und Einzelzielen beruhen“ (Dorn(1998), S. 15).

Ein *Umweltaspekt* ist ein Bestandteil der Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen, der in Wechselwirkung mit der Umwelt tritt und (negative) Veränderungen der Umwelt nach sich zieht, welche als Umweltauswirkungen bezeichnet werden (vgl. Dorn (1998), S. 15; Deutsches Institut für Normung (1996), S.7).

Umweltpolitik wird verstanden als „(...) Erklärung der Organisation über ihre Absichten und Grundsätze in Bezug auf ihre umweltorientierte Gesamtleistung, welche einen Rahmen für Handlungen und für die Festlegung der umweltbezogenen Zielsetzungen und Einzelziele bildet (...)“ (Deutsches Institut für Normung (1996), S. 7). Die umweltorientierte Zielsetzung stellt dabei ein „(...) aus der Umweltpolitik der Organisation abgeleitetes umweltbezogenes Gesamtziel (...)“ dar (Deutsches Institut für Normung (1996), S. 7). Ein umweltbezogenes Einzelziel ist definiert als „(...) detaillierte, möglichst quantifizierbare Vorgabe für die Organisation [...] die sich aus den umweltbezogenen Zielsetzungen ergibt (...)“ (Deutsches Institut für Normung (1996), S. 7).

Abb. 2.1 veranschaulicht den Zusammenhang der definierten Begriffe¹. Das Ziel eines Umweltmanagementsystems ist somit die Beherrschung der Umweltaspekte und den daraus resultierenden Umweltauswirkungen mittels der Verhütung von Umweltbelastungen. Dabei ist das Vorgehen, ausgehend von der Entwicklung der Umweltpolitik über Zielsetzungen und Programme, als ein Prozess der kontinuierlichen Verbesserung zu gestalten (vgl. Arndt (2002), S. 157; Dorn (1998), S. 15).

¹ Zur intensiveren Definition und Erläuterung der Begrifflichkeiten, wird auf Dorn (1998), S. 13ff; Arndt(1997), S. 156, sowie die DIN-EN-ISO 14001, S. 6ff verwiesen.



Quelle: Arndt(2008), S. 156

Abb. 2.1 Die umweltorientierte Leistung als messbares Ergebnis des Umweltmanagementsystems einer Organisation in Bezug auf die Beherrschung ihrer Umweltaspekte

2.1.2 Managementmethoden zur Beschreibung der umweltorientierten Leistung

Um die umweltorientierte Leistung messen, überwachen und beurteilen zu können, bedarf es spezieller Vorgehensweisen und Methoden. *Umweltmanagementmethoden* (Environmental Management Techniques) stellen Systeme „(...) zum Messen und Überwachen der aktuellen Umwelleistung in bezug auf die umweltbezogene Zielsetzung und Einzelziele auf den Gebieten der Managementsysteme und Ablaufverfahren (...)“ dar (Deutsches Institut für Normung (1998), S. 28).

Eine der bekanntesten Methoden ist dabei die ökologische Bilanzierung, oder auch *Ökobilanzierung*. Diese wird in der aktuellen Ausgabe der Norm zur Ökobilanzierung des Deutschen Instituts für Normung aus dem Jahre 2006 (DIN EN ISO 14040:2006) definiert als „(...) Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltauswirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges (...)“ (Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 7). Wie der betriebswirtschaftliche Begriff Bilanzierung andeutet, handelt es sich um eine Gegenüberstellung, jedoch nicht, wie in der Betriebswirtschaftslehre von

Aktiva(Vermögen) und Passiva(Schulden). Es werden vielmehr „(...) Input und Output an Stoffen und Energien bezogen auf einen bestimmten Untersuchungsgegenstand gegenübergestellt (...)“ (Rautenstrauch (1999), S. 21).

Die Ökobilanzierung ist dabei primär auf eine erstellte Leistung (Produkt, Dienstleistung) ausgerichtet und versucht, eine Abschätzung der mit dieser Leistung verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potentiellen Umweltauswirkungen im Verlaufe des Lebensweges dieser Leistung(d.h. „von der Wiege bis zu Bahre“) vorzunehmen (vgl. Arndt (2002), S. 158f; Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 2). Sie wird daher auch als Produktlebenswegbilanz(Life Cycle Assessment) bezeichnet.

Eine weitere Managementmethode ist die *Umweltleistungsbewertung*. Sie wird in der DIN EN ISO 14031 definiert als ein „(...) Prozeß zur Unterstützung von Managemententscheidungen zur Umweltleistung einer Organisation durch Auswahl von Kennzahlen, Datenerfassung und –analyse, Beurteilung von Informationen nach Umweltleistungskriterien, Berichterstattung und Kommunikation sowie regelmäßige Überprüfung und Verbesserung dieses Prozesses“ (Deutsches Institut für Normung (2000), S. 5). Hierbei steht ein organisationsinterner Prozess im Vordergrund, bei dem Kennzahlen eingesetzt werden, um die vergangene und aktuelle Umweltleistung einer Organisation abzubilden. (vgl. Arndt (2002), S. 159f). Die Umweltleistungsbewertung ist somit als organisationsbezogen anzusehen.

2.1.3 Stoff- und Energiebilanzierung

Die bereits vorgestellt Managementmethode Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006 kann zur Ermittlung der umweltbezogenen Leistung herangezogen werden (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 2). Da hier Stoffe und Energien produktbezogen bilanziert werden, kann die Ökobilanzierung auch als eine Form der Stoff- und Energiebilanzierung angesehen werden.

Eine weitere Managementmethode zur Ermittlung von Umweltaspekten und Umweltauswirkungen, wird in Arndt (2002) die Stoff- und Energiebilanz-Methode des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) vorgeschlagen (vgl. Arndt (2002), S. 160). Diese kann als Synthese aus den Umweltmanagementmethoden Ökobilanz nach DIN EN ISO Norm 14040 und Umweltleistungsbewertung nach DIN EN ISO Norm 14031 aufgefasst werden. Diese Vorgehensweise ist in der Praxis erprobt und wird vom Bundesumweltministerium bzw. Umweltbundesamt in Deutschland empfohlen (vgl. Bundesumweltministerium (2001), S. 199ff). Die Stoff- und Energiebilanzierung ist dabei im Gegensatz zur Ökobilanz vorwiegend

organisationsbezogen, da die Umweltaspekte und Umweltauswirkungen des Unternehmens als Ganzes im Mittelpunkt stehen. Sie wird dabei als Flussrechnung eines stofflichen Systems verstanden und weist in der Regel einen Periodenbezug auf (vgl. Arndt (1997), S. 170).

Da sich die Stoff- und Energiebilanzierung nach der Methodik des IÖW zu großen Teilen an den Normen für die Ökobilanzierung (DIN EN ISO 14040:2006) sowie den Anforderungen und Anleitungen (DIN EN ISO 14044:2006) orientiert, weisen beide Methoden eine ähnliche Datenstruktur auf und innerhalb der sie beschreibenden Normen sind auch die Begrifflichkeiten identisch² (vgl. Arndt (2002), S. 160). Im weiteren Verlauf soll der grundlegende Aufbau einer Stoff- und Energiebilanzierung dargestellt werden, wie er für beide Methoden Gültigkeit besitzt, und wichtige Begriffe einer Stoff- und Energiebilanzierung definiert werden. Auch grundlegende Besonderheiten und Unterschiede werden erläutert.

2.2 Aufbau einer Stoff- und Energiebilanzierung

Die Stoff- und Energiebilanzierung nach der Methode des IÖW entspricht im Aufbau einer Ökobilanzierung nach DIN EN ISO Norm 14040 und somit besitzen beide Ansätze die folgenden elementaren Bestandteile (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 6ff):

- Ziel und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

2.2.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Das Ziel einer Ökobilanz gibt die beabsichtigte Anwendung sowie die Gründe für die Durchführung der Studie an. Weiterhin wird die angesprochene Zielgruppe beschrieben, d.h. an wen sich die Ergebnisse der Studie richten sollen. Zudem wird angegeben, ob die Ergebnisse der Ökobilanz für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen Aussagen bestimmt sind (vgl. Deutschen Institut für Normung (2006b), S. 15).

² Der Zusammenhang zwischen Ökobilanz und Umweltleistungsbewertung wurde im Prozess zur DIN EN ISO 1034 unter dem Stichwort „Oslo-Paradigma“ diskutiert.

Der Untersuchungsrahmen legt die Breite, Tiefe und die Einzelheiten der Studie fest. Er soll dabei sicherstellen, dass diese „(...) widerspruchsfrei und hinreichend für das angegebene Ziel sind“ (Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 23). Die Normen zur Ökobilanzierung geben an dieser Stelle eine Vielzahl von Elementen vor, um den Untersuchungsrahmen zu beschreiben (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 16). Auf diese wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, sie werden jedoch in Kap. 3.2.2 erläutert.

2.2.2 Sachbilanz

„Die Sachbilanz umfasst Verfahren zur Sammlung und Berechnung von Daten zur Quantifizierung der Inputs und Outputs einer Organisation“ (Arndt (2002), S. 164). Es handelt sich hierbei, um die Phase der eigentlichen Datenerhebung und –berechnung, wobei eine Bestandsaufnahme von Input-/Outputdaten in Bezug auf das zu untersuchende System vorgenommen wird (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b, S. 6, 23ff).

Ein Fluss ist dabei definiert als „(...) Stoff, Energie oder Kosten, die einem bestimmten Bezugsobjekt zugeführt werden [... bzw.] die ein bestimmtes Bezugsobjekt verlassen“ (Arndt (2002), S. 161). Ein Fluss, der einem Bezugsobjekt zugeführt wird, wird als Input bezeichnet, wogegen ein Output einen Fluss darstellt, der von einem Bezugsobjekt abgegeben wird³ (vgl. Arndt (2002), S. 162).

Eine Grundlage für diese Datenerfassung der Sachbilanzierung, bildet der so genannte Öko-Kontenrahmen. da er eine Auflistung sämtlicher hierbei zu berücksichtigender Datenkategorien darstellt. Als wesentliches Mittel der Strukturierung können somit sämtliche Stoff- Energie- und Kostenflüsse durch den Öko-Kontenrahmen geordnet und gruppiert werden (vgl. Arndt (2002), S.164f).

Der Begriff des Kontenrahmens ist an das betriebliche Rechnungswesen angelehnt, wo er einen „(...) Organisations- und Gliederungsplan für das gesamte Rechnungswesen darstellt“ (Wöhe/Kußmaul (2002), S. 47). Kontenrahmen wurden für die Buchführung und Bilanzierung entwickelt und sind „(...) ein nach einheitlichen Prinzipien gestalteter Organisationsplan der Konten einer Buchführung“ (Coenenberg/Haller/Mattner (2007), S. 121). Ein Kontenrahmen wird jeweils für die Unternehmen eines Wirtschaftszweiges erstellt und weist immer ein Gliederung auf, wobei sich in der Praxis die dekadische(numerische) Gliederung durchgesetzt hat (vgl. Coenenberg (2007), S. 121;Wöhe/Kußmaul (2002), S. 47f.). Ein Kontenrahmen stellt dabei eine Richtlinie und

³ In Anlehnung an (Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 10f), wobei in der Norm das Bezugsobjekt als „Prozessmodul“ spezifiziert wird.

Empfehlung für die Aufstellung eines individuellen Kontenplans in einer Organisation dar. (vgl. Coenenberg/Haller/Mattner (2007), S. 121f).

Ein Öko-Kontenrahmen ist ein spezieller Kontenrahmen, der an die Bedürfnisse der Stoff- und Energiebilanzierung angepasst wurde. Der Öko-Kontenrahmen ist definiert als ein „Ordnungssystem zur Strukturierung der Stoff- und Energiebilanz nach ökologisch gleich oder ähnlich zu beurteilenden Stoffen oder Energien“ (Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (1995), S.620). Diese Gleich oder ähnlich zu beurteilenden Stoffe werden dabei in Gruppen zusammengefasst. Tab. 2.1 stellt einen allgemeinen Öko-Kontenrahmen dar.

Tab. 2.1 Allgemeiner Ökokontenrahmen am Beispiel eines produzierenden Unternehmens

<p>1 Input-Werkstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Rohstoffe 1.2 Hilfsstoffe 1.3 Betriebsstoffe 1.4 Halbfabrikate 1.5 Wasser 1.6 Büromaterial 1.7 Handelswaren 	<p>3 Output-Produkte</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Selbst gefertigte Produkte 3.2 Ersatzteile 3.3 Handelswaren 3.4 Sekundärprodukte
<p>2 Input-Energien</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Elektroenergie 2.2 Primärenergie 2.3 Verkehr 	<p>4 Output-Emissionen</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Abfälle 4.2 Abluft 4.3 Abwasser 4.4 Energetische Emissionen

Quelle: Arndt (1997), S. 199

Prinzipiell orientiert sich der Aufbau des Öko-Kontenrahmens am Kostenartenplan aus der Kostenrechnung (vgl. Arndt (1997), S.197). Auf der linken Seite werden alle Input-Werkstoffe und Input-Energien aufgeführt und allen Output-Produkten und Output-Emissionen auf der rechten Seite gegenübergestellt. Es ist erforderlich, je nach Art des Unternehmens einen individuellen Kontenrahmen zu erstellen. Der in Tab. 2.1. dargestellte Öko-Kontenrahmen ist somit nur eine allgemeine Übersicht und muss für die jeweilige Organisation angepasst und weiter differenziert werden. Es entstehen mehrere Gliederungsebenen.

Es sind jedoch nicht nur die Art, sondern auch die Mengen und insbesondere die damit verbundenen Kosten der Stoff- und Energieflüsse für das Umweltmanagement von besonderem Interesse. Die Methodik des IÖW, vorgestellt in Arndt(1997), sieht daher eine Ergänzung des Konzeptes der Sachbilanz in Anlehnung an die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung vor, welche neben der Erfassung von Mengenströmen zusätzlich eine Erfassung von Wertströmen ermöglicht. Es entsteht

somit ein entsprechender Öko-Kontenrahmen mit Mengen- und Wertströmen (vgl. Arndt (1997), S. 200ff). Das Schema eines solchen Kontenrahmens wird in Tabelle 2.2. illustriert.

Tab. 2.2 Öko-Kontenrahmen mit Mengen- und Wertströmen

Input			Output		
Position	Menge	Kosten	Position	Menge	Kosten
Rohstoffe			Produkte		
R1	M_{R1}	K_{R1}	P1	X_{P1}	K_{P1}
...
Energien			Emissionen		
En1	X_{En1}	K_{En1}	Em1	X_{Em1}	K_{Em1}
...

Quelle: Arndt (1997) S. 201

Diese Vorgehensweise ist vom Bundesumweltministerium empfohlen und erlaubt eine Verknüpfung von ökologischen und ökonomischen Informationen (vgl. Bundesumweltministerium (2001), S. 199ff). Letztendlich können so Verbindungen zwischen den stoffflussbezogenen Kosten und möglichen Umwelteinwirkungen hergestellt werden

Die Sachbilanzierung nach IÖW-Methodik enthält in Anlehnung an die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung folgende Teilrechnungen (vgl. Arndt (2002), S. 164f)⁴:

- Flussartenrechnung: Diese dient der quantitativen Datensammlung zu den Stoff-, Energie- und Kostenflüssen der Organisation (vgl. Arndt (2002), S. 164). Die Datensammlung basiert auf einer Auflistung und Gruppierung sämtlicher zu berücksichtigender Datenkategorien, die, wie bereits beschrieben, durch den Öko-Kontenrahmen bereitgestellt wird.
- Flussstellenrechnung: Die Flussstellenrechnung dient der Zuordnung der in der Flussartenrechnung erfassten Stoff-, Energie- und Kostenflüsse auf eine durch die Organisation festgelegte Anzahl an Modulen⁵, den Flussstellen (vgl. Arndt (2002), S. 165).

⁴ In einer früheren Beschreibung der IÖW-Methodik auch als „Kosten-/Umwelt-Artenrechnung“, „Kosten-/Umwelt-Stellenrechnung“ bzw. „Kosten-/Umwelt-Trägerrechnung“ bezeichnet (vgl. Arndt (1997), S.197ff, 213ff, 220ff).

⁵ In der DIN EN ISO 14040 wird von „Prozessmodulen“ gesprochen, die definiert sind, als „kleinster in der Sachbilanz berücksichtigter Bestandteil, für den Input- und Outputdaten quantifiziert werden“ (Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 12).

- Flusträgerrechnung: Hier werden die in der Flusststellenrechnung ermittelten Stoff- Energie- und Kostenflüsse auf eine Anzahl an Leistungen zugeordnet, die von der Organisation festgelegt werden (vgl. Arndt (2002), S. 165).

Ziel der Sachbilanzierung ist es somit, sämtliche Stoff- Energie- und Kostenflüsse einer Organisation zu erfassen, und Modulen bzw. Leistungen zuzuweisen. Bei der IÖW-Methodik steht somit die Organisation als Ganzes mit sämtlichen Flüssen im Fokus der Betrachtung. Das Unternehmen wird als Black-Box betrachtet und die Vorgehensweise wird auch als „betriebliche Stoff- und Energiebilanzierung“ bezeichnet. Die Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 ist hingegen produktbezogen und bezieht alle Flüsse auf die funktionale Einheit (Endprodukt) und kann somit als „produktbezogene Stoff- und Energiebilanzierung“ bezeichnet werden.

2.2.3 Wirkungsabschätzung

In der Phase der Wirkungsabschätzung „(...)wird die Beurteilung der Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen mit Hilfe der Ergebnisse der Sachbilanz angestrebt“ (Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 27). Die zuvor erfassten Stoff- und Energieströme werden also auf möglichen Folgen für die Umwelt hin untersucht (vgl. Arndt (1997), S. 277). Dabei sind folgende Bestandteile zu berücksichtigen (vgl. Deutsches Institut für Normung 2006b, S. 33ff; Arndt (2008), S. 165f):

- Wirkungskategorie und Wirkungskategorie-Indikator: Eine Wirkungskategorie repräsentiert eine (ungünstige) Umweltauswirkung, der Ergebnisse aus der Sachbilanz zugeordnet werden können (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 33). Typische Wirkungskategorien für eine betriebliche Stoff- und Energiebilanzierung wären beispielsweise: Inanspruchnahme von Ressourcen, Treibhauseffekt, Ozonabbau (Stratosphäre), Human- und Ökotoxizität, Versauerung der Böden und Gewässer, Eutrophierung der Gewässer, Bildung von Photooxidantien, Belästigungen (Lärm, Geruch) (vgl. Arndt (1997), S. 239). Eine Wirkungskategorie wird durch einen Wirkungskategorie-Indikator in quantifizierbarer Form wiedergegeben (z.B. kg CO₂ – Äquivalente)
- Charakterisierungsfaktor: Um den Anteil eines Stoff- und Energieflusses an einer Wirkungskategorie wiederzugeben, wird zur Gewichtung ein Charakterisierungsfaktor verwendet (vgl. Arndt (2002), S. 166). Mit Hilfe dieses Gewichtungsfaktors können somit die Mengenangaben der Flüsse in gleiche Einheiten des Wirkungsindikators umgerechnet werden und somit die unterschiedlich starke Einwirkung der Flüsse auf die Wirkungskategorie wiedergegeben werden (vgl. Deutsches Institut für Normung 2006b, S. 35ff). Ein

Charakterisierungsmodell spiegelt dabei den Umweltwirkungsmechanismus durch Beschreibung der Beziehung von Sachbilanzergebnissen zum Wirkungsindikator wieder (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 35).

- Wirkungsindikatorergebnis: Die Summe der durch Charakterisierungsfaktoren umgewandelten Stoff- und Energieflüsse einer Wirkungskategorie werden als Wirkungsindikatorergebnis bezeichnet (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 39).

Tab. 2.4 soll anhand eines Beispiels den Zusammenhang der Begriffe und das Vorgehen bei der Wirkungsbilanzierung veranschaulichen.

Tab. 2.3 Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ mit dem Wirkungskategorie-Indikator „CO₂-Äquivalente“

Stofffluß	Menge	Charakterisierungsfaktor	Ergebnis
CO ₂	2.900.000g	1	2.900.000g
N ₂ O	9,6g	270	2.592g
CH ₄	10.800g	11	118.800g
Wirkungsindikatorergebnis:			3.091.392g

Quelle: Arndt (2002), S. 166

Hier werden exemplarisch die Mengen der drei Stoffflüsse Kohlendioxid (CO₂), Distickstoffmonoxid (N₂O) und Methan (CH₄) durch den jeweiligen Charakterisierungsfaktor unterschiedlich stark gewichtet, und somit in gleiche Einheiten des Wirkungskategorie-Indikators (CO₂-Äquivalente) umgerechnet. Ein Gramm N₂O wirkt in diesem Beispiel 270mal so stark auf den Treibhauseffekt, wie ein Gramm CO₂. Die aufsummierten Berechnungsergebnisse werden als Wirkungsindikatorergebnis wiedergegeben.

2.2.4 Auswertung

In der Auswertungsphase werden die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung gemeinsam betrachtet⁶ (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 31). Sie stellt ein Verfahren zur Identifizierung, Charakterisierung, Überprüfung und Beurteilung von Informationen aus den Ergebnissen einer Sachbilanz und einer Wirkungsabschätzung dar (vgl. Arndt (2002), S. 167). Es sind folgende Bestandteile zu berücksichtigen (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 45; Arndt (2002), S. 167ff):

- Identifikation signifikanter Parameter

⁶ Bei den so genannten „Sachbilanz-Studien“ werden nur die Ergebnisse der Sachbilanz betrachtet, da bei diesen keine Wirkungsabschätzung vorgenommen wird (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 31).

- Beurteilung
- Schlussfolgerungen und Empfehlungen
- Berichterstattung

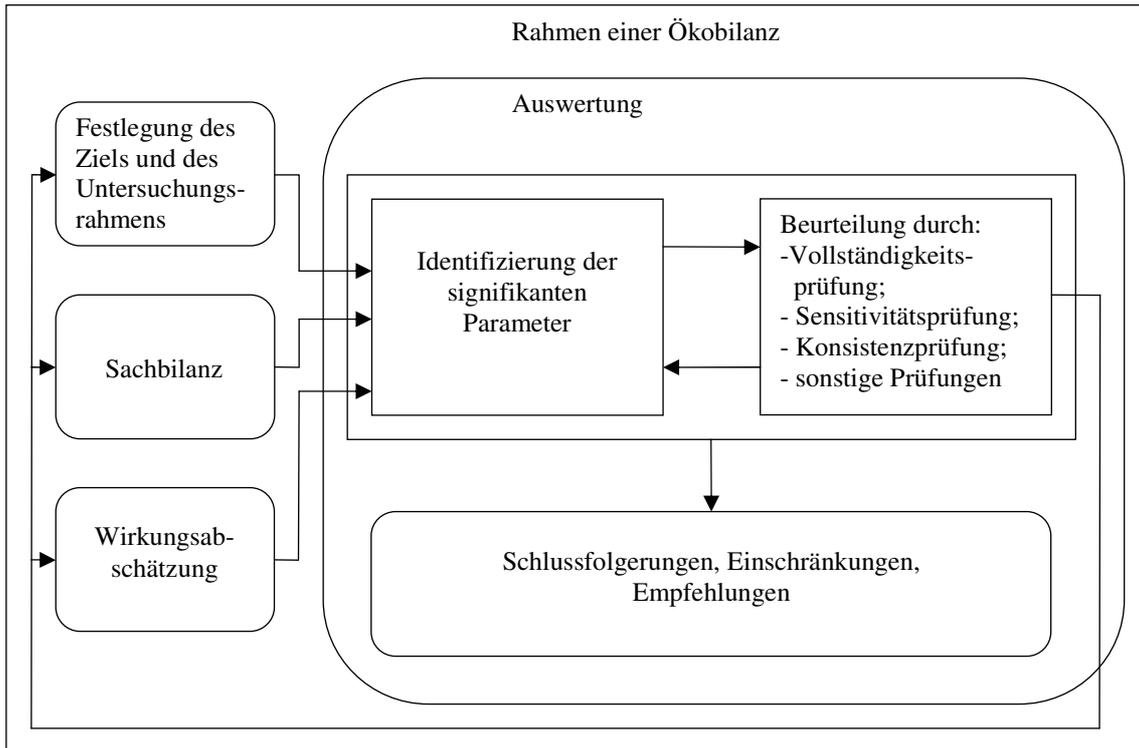
Ein *signifikanter Parameter* „(...) dient zur Bestimmung der Bedeutung(Signifikanz) der Ergebnisse aus Sachbilanz bzw. Wirkungsabschätzung für die Organisation und deren umweltorientierte Leistung“ (Arndt (2002), S. 167). Um die Anzahl der signifikanten Parameter zu bestimmen, werden für die Stoff- und Energiebilanzierung nach der IÖW-Methodik Umweltleistungskennzahlen eingesetzt (vgl. Arndt (S. 2008), S. 167). Diese können unterteilt werden in Managementleistungskennzahlen und operative Leistungskennzahlen (vgl. Deutsches Institut für Normung (2000), S. 11):

Die Phase der *Beurteilung* soll die Qualität der der Ergebnisse aus Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und der signifikanten Parameter sichern, wobei folgende Prüfungen durchlaufen werden (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 51ff):

- Die Vollständigkeitsprüfung stellt sicher, dass alle relevanten Informationen und benötigten Daten zur Verfügung stehen.
- Die Sensitivitätsprüfung überprüft die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.
- Die Konsistenzprüfung geht der Frage nach, ob die Annahmen, Methoden und Daten mit den umweltbezogenen Zielen übereinstimmen.

In der anschließenden Phase sollen *Schlussfolgerungen und Empfehlungen* abgeleitet werden. Grundlage für Schlussfolgerungen sind die Ergebnisse aus den vorangegangenen Phasen(Sachbilanz, Wirkungsabschätzung, Identifikation signifikanter Parameter) und deren Wechselwirkungen (vgl. Arndt (2002), S. 168). Empfehlungen müssen auf den Schlussfolgerungen beruhen und eine logische Konsequenz der Schlussfolgerungen sein (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 53). Empfehlungen dienen als Entscheidungsunterstützung und werden den Entscheidungsträgern vorgelegt (vgl. Arndt (2002), S. 168).

Abb. 2.2. soll die Beziehungen zwischen den Phasen der Auswertung und den anderen Phasen der Sachbilanzierung veranschaulichen. Die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie die Auswertung bilden dabei den Rahmen der Studie, während die Sachbilanz und Wirkungsabschätzung die Informationen liefern (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 45f).



Quelle: In Anlehnung an Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 47

Abb. 2.2 Beziehung zwischen den Bestandteilen der Auswertungsphase und anderen Phasen der Ökobilanz

In der Phase der *Berichterstellung* wird eine „(...) vollständige und sachliche Darstellung der Stoff- und Energiebilanz „(Arndt (2002), S. 169) vorgenommen. Die Ergebnisse, Daten, Methoden, Annahmen und Einschränkungen müssen transparent und ausführlich der angesprochenen Zielgruppe dargelegt werden⁷ (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 54). Für die Phase der Sachbilanz können eigenständige Teilberichte vorgenommen werden⁸ (vgl. Arndt (2002), S. 169):

- Umweltbilanz als Ergebnis der Flussartenrechnung. Diese enthält eine Gegenüberstellung der Inputs und Outputs der Organisation als Ganzes
- Prozessbilanz als Ergebnis der Flussstellenrechnung. Hier werden die In- und Outputs für den jeweils definierten Prozess gegenübergestellt.

⁷ Für zusätzliche Anforderungen an und Anleitungen für Berichte an Dritte siehe Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 55ff.

⁸ Die vorgestellten Teilberichte sind in den DIN EN ISO Normen 14041 bzw. DIN EN ISO 14042 näher beschrieben.

- Kernbilanz als Ergebnis der Flussträgerrechnung. Dabei werden die In- und Outputs für die jeweils definierte Leistung (Produkt, Dienstleistung) veranschaulicht.

Auch in der Phase der Wirkungsabschätzung können Berichte generiert werden, wie eine strukturierte Darstellung der Wirkungsindikatorergebnisse (z.B. tabellarische Darstellung der Wirkungsindikatorergebnisse zu einer Wirkungskategorie strukturiert nach Stoffflüssen und Prozessen) (vgl. Arndt (2002), S. 169).

2.3 Umweltbezogene Metainformationen

Um die Integration von umweltbezogenen Daten und Anwendungen zu ermöglichen, und somit auch die Nutzung der in einer Stoff- und Energiebilanzierung gewonnenen Daten in anderen Informationssystemen zu gewährleisten, ist eine Verarbeitung von Metainformationen wünschenswert (vgl. Arndt/Günther (1997), S. 9). Diese werden als Zusatzinformationen verstanden und stellen „...Informationen über Informationen“ (Arndt (1997), S. 185) bereit. Spezielle die Angaben zur Spezifizierung des Ziels und Untersuchungsrahmens einer Stoff- und Energiebilanzierung (z.B. Datenqualität) stellen typische Metainformationen dar.

Um umweltbezogene Informationen nachvollziehen zu machen, müssen die Ziele, das Erkenntnisinteresse und der Untersuchungsrahmen angegeben werden (vgl. Arndt/Günther (1997), S. 9). Diese ergänzenden Informationen über Art und Grenzen der Informationsgewinnung sowie das Vorgehen bei umweltbezogenen Bewertungen werden auch als Metainformationen bezeichnet und sollen folgende Aufgaben unterstützen (vgl. Arndt/Günther (1997), S. 9 f.):

- Lokalisieren von benötigten Daten oder anderen Informationen, im Charakter eines Wegweisers (z.B. Wo sind Informationen über einen Datensatz zu finden?)
- Ermöglichen des Physikalischer Zugriffs auf die benötigten Daten, inklusive Fragen des Zugriffsschutzes (z.B. Wie wird auf den Datensatz zugegriffen?)
- Nutzung der gewonnenen Daten durch Bereitstellung des Datenkontextes, im Sinne von semantischen Informationen (z.B. In welchen Zeitraum/auf welche Art wurden die Daten erhoben?)

Als Metadaten können somit „... alle (gespeicherten Informationen verstanden werden, die zur Unterscheidung von Daten von Bedeutung sind“ (Arndt/Günther (1997), S. 10f.) und einen fachlichen Bezug (z.B. Methode der Datenerhebung), einen räumlichen Bezug (z.B. Ort der Datenerhebung) sowie einen zeitlichen Bezug (z.B. Zeitraum der Datenerhebung) aufweisen (vgl. Arndt/Günther (1997), S. 11).

Eine Möglichkeit zur Integration von Metainformationen ist die Environmental Markup Language (EML), die einen standardisierten Austausch solcher Metainformationen ermöglicht und im Folgenden kurz vorgestellt wird.

Environmental Markup Language (EML)

Die Environmental Markup Language ist definiert als „Menge von Empfehlungen für den nationalen und internationalen Gebrauch von XML im Bereich des Austauschs von Umweltinformationen“ (Arndt/Günther (1999), S. 116). Die EML basiert also auf der eXtensible Markup Language (XML)⁹ und wurde im Jahre 1999 als Ergebnis des ersten EML-Workshops durch die Arbeitsgruppe EML-UIS der Humboldt-Universität Berlin vorgestellt (vgl. Arndt/Günther (1999)).

Die EML strukturiert das Themengebiet Umwelt und ermöglicht „... die Verarbeitung und damit auch Strukturierung von Umweltinformationen nach semantischen Kriterien“ (Arndt (2000), S. 2). Die EML enthält unter Anderem Elemente zur Angabe von allgemeinen Datensatzinformationen, Informationen über die Datenquellen sowie den Anwendungsbereich, zeitliche Informationen und Verantwortlichkeiten (vgl. Arndt/Freitag (2001)). Dadurch ist die EML vor dem Hintergrund der Erstellung eines semantischen Netzes von besonderer Bedeutung und es wird angestrebt, die EML für die Angabe von umweltbezogenen Metainformationen in das semantische Netz der Stoff- und Energiebilanzierung zu integrieren. Die EML ist detailliert in Kapitel 3.1.1 erläutert.

2.4 Bezug zu Instrumenten des Wissensmanagement

Um bestimmte Themengebiete zu beschreiben sowie darin enthaltene Wissensstrukturen zu identifizieren und darzustellen, wurden im Bereich des Wissensmanagements verschiedene Methoden entwickelt, von denen hier Taxonomien, Thesauri, Ontologien, semantische Netze und Topic Maps erläutert werden.

„Eine Taxonomie beschreibt ein Modell, das wie ein Thesaurus versucht, Begriffe eines Themengebietes zu definieren, sie systematisch zu ordnen und zusammenzuführen, um damit das Themengebiet möglichst präzise zu beschreiben und zu repräsentieren. Im Unterschied zum Thesaurus werden in einer Taxonomie die definierten Begriffe in eine hierarchische Beziehung gesetzt“ (Smolnik (2006), S. 79).

„Bei einem Thesaurus handelt es sich um ein Netz von miteinander in Beziehung stehenden Begriffen (...) innerhalb eines bestimmten Bereiches“ (Goldfarb/Prescod (2000), S. 580). „Eine Erweiterung einer Taxonomie um Elemente von Thesauri und

⁹ Für eine Einführung in XML wird auf Hauser (2006) sowie Ray (2004) verwiesen.

Informationen über Beziehungen zwischen definierten Begriffen führt zu einer Ontologie“ (Smolnik (2006), S. 60). Eine Ontologie ist somit eine Spezifikation einer gemeinsam verwendeten Menge von Konzepten und deren Beziehungen, um diese auf Phänomene der Realität anzuwenden (vgl. Smolnik (2006), S. 65; Bodendorf (2006), S. 125).

„Semantische Netzwerke bestehen aus gerichteten Graphen, die kontextuelle Informationen repräsentieren. Knoten repräsentieren Konzepte von Objekten, Entitäten, Ereignissen, Merkmalen oder Zuständen. Die Kanten (...) zwischen den Knoten werden zumeist als konzeptuelle Relationen bezeichnet und repräsentieren Beziehungen zwischen den durch die Knoten dargestellten Konzepten“ (Smolnik (2006), S. 26). Die Stoff- und Energiebilanzierung kann somit als Form von semantischen Netzen verstanden werden, deren Elemente als Konzepte und die Beziehungen zwischen den Elementen als konzeptuelle Relationen aufgefasst werden.

Topic Maps sind als „eine standardisierte Form semantischer Netzwerke“ (Smolnik (2006), S. 11) definiert. Im Jahr 1999 wurde von der International Organization for Standardization (ISO) und der International Electrotechnical Commission (IEC) der ISO/IEC 13250 Topic Maps Standard verabschiedet. Dieser „definiert ein Modell und eine Architektur für die semantische Strukturierung von Verknüpfungsnetzwerken“ (Smolnik (2006), S. 50). Dabei weisen Ontologien und Topic Maps zahlreiche Übereinstimmungen auf, da sich die meisten der grundlegenden Konstrukte von Ontologien und Topic Maps direkt aufeinander abbilden lassen (vgl. Smolnik (2006), S. 82).

In dieser Arbeit soll das Themengebiet der Stoff- und Energiebilanzierung auf semantische Elemente hin untersucht und deren Zusammenhang wiedergegeben werden. Dabei sollen die Grundbestandteile der Stoff- und Energiebilanzierung identifiziert und miteinander in Verbindung gebracht werden, um somit eine Wissensbasis für den Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung aufzubauen. Als Methode wird dabei die Erstellung eines semantischen Netzes in Form einer Topic Map gewählt, da Topic Maps eine aktuelle standardisierte Form semantischer Netze darstellen und als logische Weiterentwicklung von Taxonomien und Thesaurus angesehen werden können.

Weiterhin bieten Topic Maps zahlreiche Vorteile wie Austauschbarkeit, Transferierbarkeit und die Möglichkeit des Zusammenführens (vgl. Smolnik (2006), S. 58). Durch den Einsatz von Topic Maps sollen somit die Wissensstrukturen für den Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung formuliert und dargestellt werden. Die Suche und Navigation innerhalb dieses Wissens soll dadurch erleichtert werden, denn

„Die Stärken des Topic-Map-Modells liegen in der Navigation und Exploration von modellierten Domänen“ (Smolnik (2006), S. 82). Diese Arbeit verbindet somit Elemente aus den Bereichen Umweltmanagement und Wissensmanagement.

Eine nähere Betrachtung von Topic Maps sowie eine Einführung in den Topic Map-Standard wird in Kap. 4 gegeben. Das Erstellen einer Topic Map für die Stoff- und Energiebilanzierung wird anhand zweier Ansätze in Kap. 5 beschrieben.

3 Semantische Komponenten im Rahmen der Stoff- und Energiebilanzierung

In den folgenden Abschnitten sollen zwei Ansätze zur Ermittlung der umweltbezogenen Leistung einer Organisation mit Hilfe der Stoff- und Energiebilanzierung vorgestellt und deren Struktur auf semantischen Komponenten hin untersucht werden.

3.1 Ansatz EML mit Anwendungssystem Account

Dieser Ansatz zur Stoff- und Energiebilanzierung stellt eine Verbindung zwischen dem Metadatensatz der Environmental Markup Language (EML) und dem Softwaresystem ACCOUNT dar. Grundlage der fachlichen Struktur des Systems bildet dabei die Vorgehensweise der Stoff- und Energiebilanzierung des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH, welche bereits in Kap. 2 beschrieben wurde (vgl. Arndt (1997), S. 168). Das Anwendungssystem ACCOUNT wurde erstmals in Arndt (1997) vorgestellt und dient „...einer kontenbasierten Erfassung und Pflege von Daten zu ausgewählten Stoff- und Energieflüssen einschließlich der dazugehörigen Kostenflüsse sowie zu ausgewählten Wirkungskategorien“ (Arndt (2002), S. 173). Daten zu den einzelnen Flüssen werden in Form von Buchungen in Konten bearbeitet und dargestellt.

Um die Integration von Metainformationen zu gewährleisten, wie sie zum Beispiel in der Phase der Definition des Ziels und Untersuchungsrahmens benötigt werden, wird bei diesem Ansatz die EML herangezogen, die einen standardisierten Austausch solcher Informationen ermöglicht. Deshalb muss sowohl für die Art und Grenzen der Datenerfassung in der Sachbilanz als auch in der Wirkungsabschätzung keine eigenständige Verarbeitung und Speicherung von Metadaten-Kategorien zu den in der Sachbilanz als Inhalt erfassten Flüssen durchgeführt werden, sondern lediglich die Möglichkeit von Verweisen auf die zu den jeweiligen Flüssen korrespondierenden Metadaten-Kategorien gegeben werden.

Im Folgenden wird die Struktur der EML sowie des Softwaresystems ACCOUNT ausführlich untersucht, um die semantischen Elemente und deren Zusammenhänge zu identifizieren.

Zur Veranschaulichung werden die semantischen Elemente sowie deren Zusammenhänge mit Hilfe des ARIS Toolsets der Firma IDS Scheer in Entity-Relationship Modellen (ERM) abgebildet. Das ERM-Modell stellt eine weit verbreitete Methode zur Erstellung semantischer Datenmodelle dar und wurde von Chen im Jahre 1976 erstmals vorgestellt (vgl. Chen (1976)). Die drei grundlegenden Bestandteile eines ERM-Modells sind dabei (vgl. IDS Scheer (2001), S. 22 ff.):

- Entities: reale oder abstrakte Dinge
- Attribute: Eigenschaften, die Entities näher beschreiben
- Beziehungen: logische Verknüpfung zwischen Entities

Die Verbindung der Elemente erfolgt durch ungerichtete Kanten. Sind zwei Entities durch eine Beziehung verbunden, so kann mittels Kardinalitäten der Komplexitätsgrad der Teilnahme an der Beziehung spezifiziert werden. „Der Komplexitätsgrad oder die Kardinalität gibt an, wie viele Entities eines Entitytyps mit einem Entity des anderen Entitytyps in Beziehung stehen können“ (IDS Scheer (2001), S. 25). In dieser Arbeit wurde eine Darstellung der Kardinalitäten mit Ober- und Untergrenzen gewählt.¹⁰

Bei der Erstellung eines ERM-Modells steht man unter anderem vor dem Problem der Unterscheidung, ob ein Element als Entity oder Attribut zu modellieren ist. „Eine Unterscheidung zwischen Entitytypen und Attributen ist oft sehr schwierig und kann nur aus dem Kontext der Modellierung heraus getroffen werden“ (IDS Scheer (2001), S. 24). Als Unterscheidungsmerkmal kann dabei herangezogen werden, ob das Element durch weitere Attribute beschrieben werden kann bzw. ob es in Verbindung mit anderen Entities gebracht werden kann. In diesen Fällen ist das Element als Entity zu deklarieren (vgl. IDS Scheer (2001), S. 24).

3.1.1 Struktur der EML

Die EML wurde in (Arndt/Freitag (2001)) in Form einer Data Type Definition (DTD) vorgestellt, welche Grundlage der Analyse ist.¹¹ Innerhalb dieser DTD konnten 56 Elemente bestimmt werden, die im Weiteren näher betrachtet werden. Die Grobstruktur der EML wird in Abb. 3.1 veranschaulicht.

¹⁰ Zur intensiveren Beschreibung von Kardinalitäten und Darstellungsformen und –möglichkeiten wird auf (IDS Scheer (2001), S. 25ff.) verwiesen.

¹¹ Zur Bedeutung einer DTD sowie deren Zusammenhang zu XML sei auf Hauser(2006) sowie Ray (2004) verwiesen.

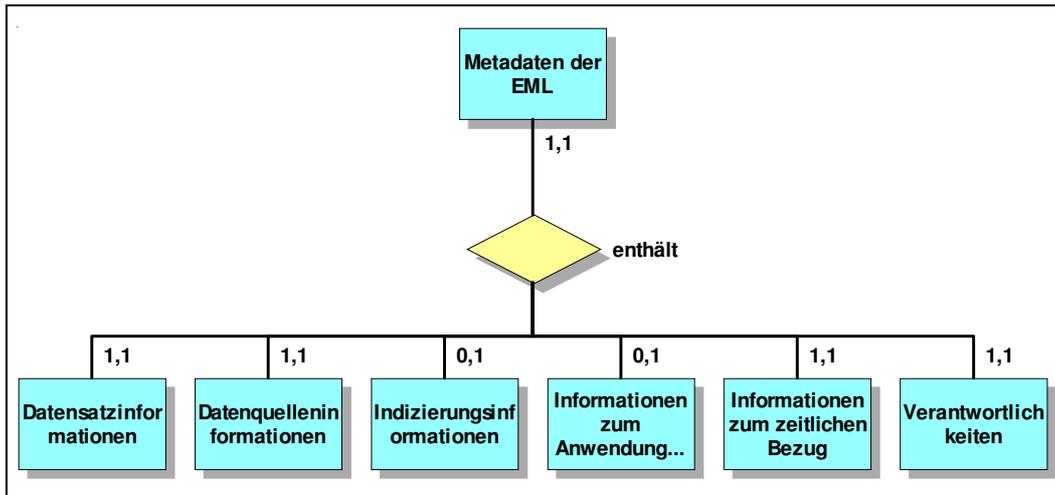


Abb. 3.1 Grobstruktur der EML

Sie beinhaltet Elemente zur Angabe von „Datensatzinformationen“, „Datenquelleninformationen“, „Indizierungsinformationen“, „Informationen zum Anwendungsbereich“, „Informationen zum zeitlichen Bezug“, sowie Informationen zu „Verantwortlichkeiten“. Diese Komponenten enthalten weitere Elemente und wurden daher als Entitytypen dargestellt. Diese werden im Folgenden näher untersucht und deren Bedeutung kurz erläutert (vgl. Arndt/Freitag (2001), S. 137 f.)

- **Informationen zum Datensatz**

Abb. 3.2 zeigt die Elemente zu den Datensatzinformationen. Diese stellen allgemeine Informationen zum Dokument und zu Metainformationen bereit.

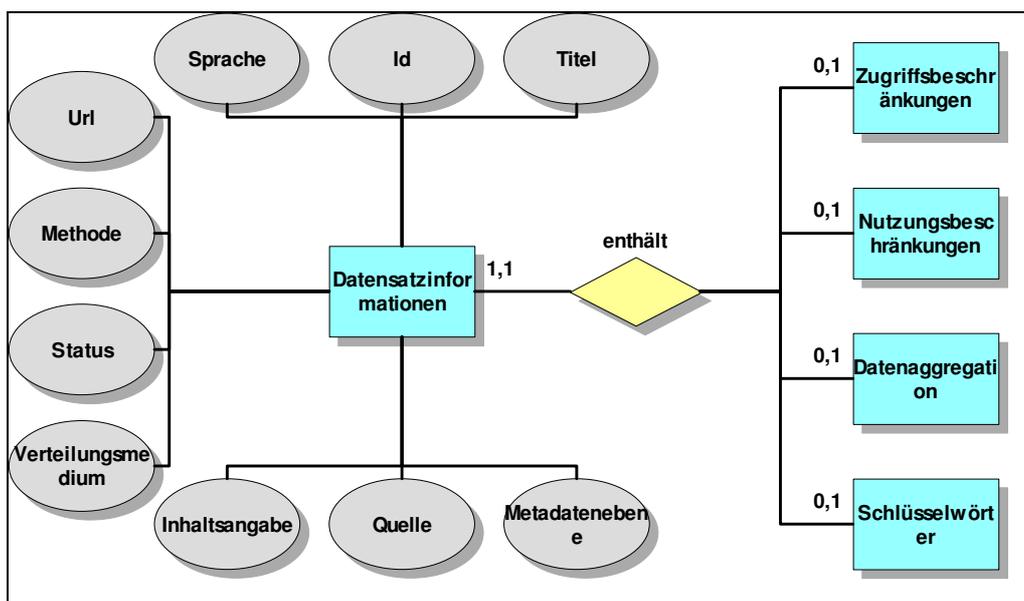


Abb. 3.2 Datensatzinformationen der EML

Folgende Elemente wurden als Attribute modelliert:

- **Id:** eindeutige Identifikation des Datensatzes
- **Quelle:** Spezifizierung eines logischen oder physikalischen Ortes
- **Titel:** Dokumenttitel
- **Metadatenebene:** Detaillierungsgrad bei der Beschreibung der Metainformationen
- **Inhaltsangabe:** komprimierte Inhaltsangabe
- **Verteilungsmedium:** Verteilungsart (z.B. Internet)
- **Sprache:** Verwendete Sprache der Metainformationen
- **Url:** Angabe eine Uniform Resource Locators (URL)
- **Methode:** Methode der Datenerhebung
- **Status:** Status des Datensatzes

Die Elemente „Nutzungseinschränkungen“, „Zugriffsbeschränkungen“, „Schlüsselwörter“ sowie „Datenaggregation“ wurden als optionale Entities abgebildet, da sie selbst eigene Entities oder Attribute enthalten können.

- **Informationen zu den Datenquellen**

Die Informationen zu den Datenquellen der EML sind in Abb. 3.3 veranschaulicht und umfassen die verwendete „Sprache“, die „Größe“, die „Art“, und das „Format“ als Attribute. Die „verbundenen Datenquellen“ wurden als Entity modelliert, welches als Zusammenfassung einzelner Datenquellen fungieren kann. Dass die verbundenen Datenquellen Teil der Datenquelleninformationen sind, wurde durch die „enthält“-Beziehung ausgedrückt.

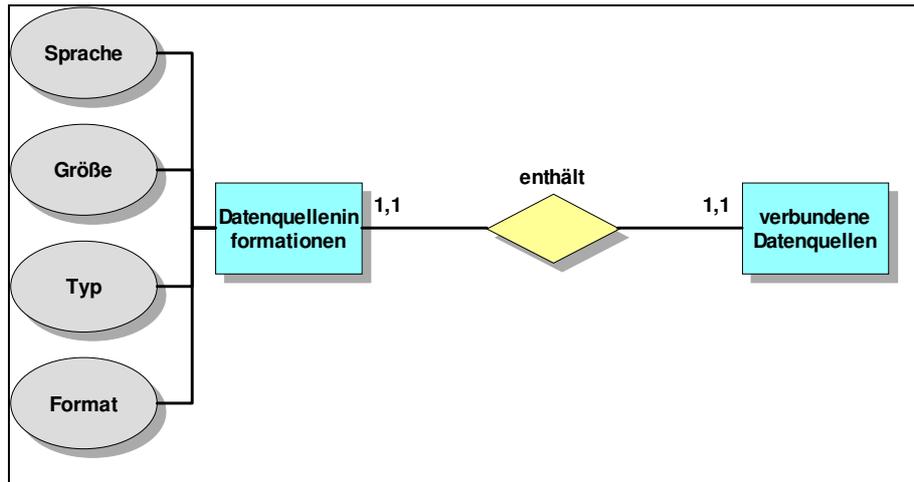


Abb. 3.3 Informationen zu den Datenquellen der EML

- **Indizierungsinformationen**

Abb. 3.4 illustriert die Möglichkeiten zur Verschlagwortung. Dabei können Suchbegriffe aus einem Umweltthesaurus oder freie Begriffe eingesetzt werden. Dies wurden jeweils als Entities dargestellt, da sie mehrere Einzelbegriffe enthalten können.

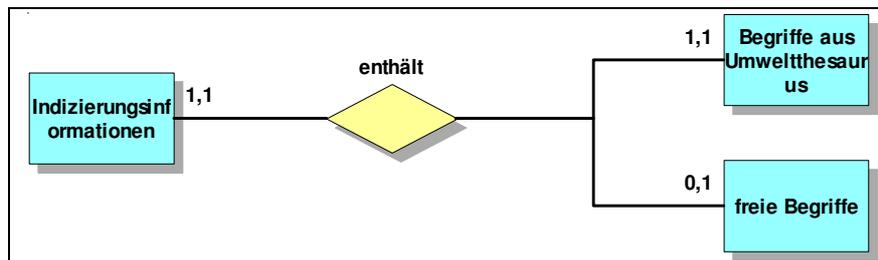


Abb. 3.4 Indizierungsinformationen der EML

- **Informationen zum Anwendungsbereich**

Ein Anwendungsbereich kann durch einen „Bezugspunkt“ und ein „räumliches Gebiet“ angegeben werden, welches durch Begrenzungsangaben im „Norden“, „Süden“, „Osten“ und „Westen“ spezifiziert wird (siehe Abb. 3.5). Unter einem Bezugspunkt kann neben einem geographischen Ort auch ein Produkt, Prozess oder Unternehmensbereich verstanden werden.

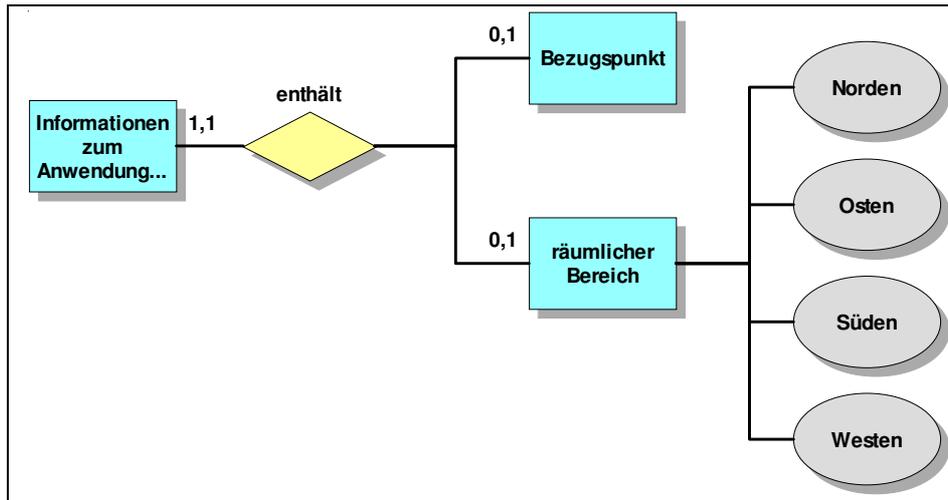


Abb. 3.5 Informationen zum Anwendungsbereich der EML

- **Informationen zum zeitlichen Bezug**

Hierbei kann ein „zeitlicher Bezugsraum“ mit Hilfe eines „Start“- und „Enddatums“ angegeben werden. Weiterhin ist eine Angabe eines „Veröffentlichungsdatums“ und der „Zeitpunkt der letzten Änderung“ möglich (siehe Abb. 3.6). Alle modellierten Entities, die ein Datum darstellen, wurden durch Generalisierung dem Typ „Datum“ zugeordnet und bestehen somit aus „Tag“, „Monat“ und „Jahr“.

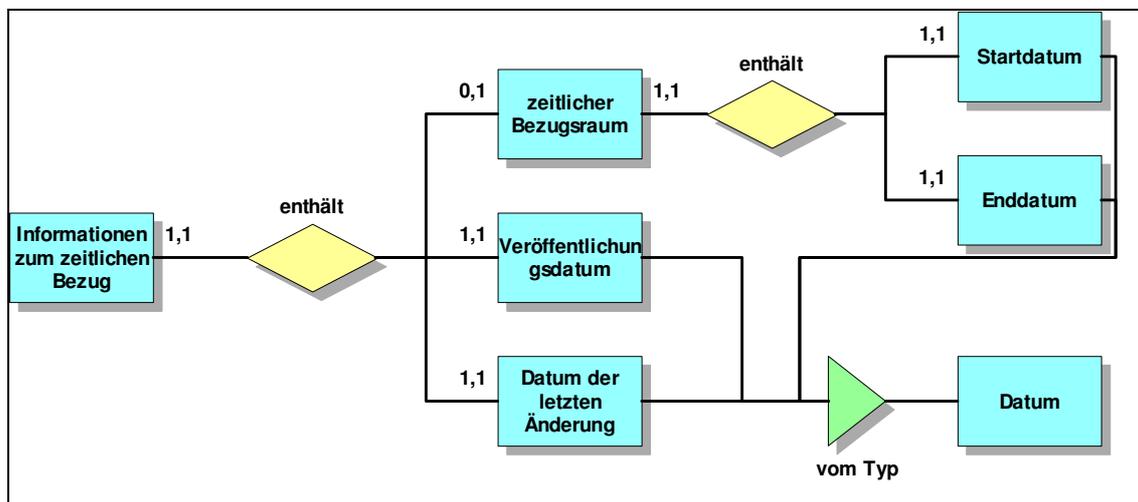


Abb. 3.6 Informationen zum zeitlichen Bezug der EML

- **Informationen zu Verantwortlichkeiten**

In dieser Kategorie kann ein „Urheber“, ein „Vertreiber“ und „Kontaktinformationen“ hinterlegt werden, was in Abb. 3.7 veranschaulicht wird.

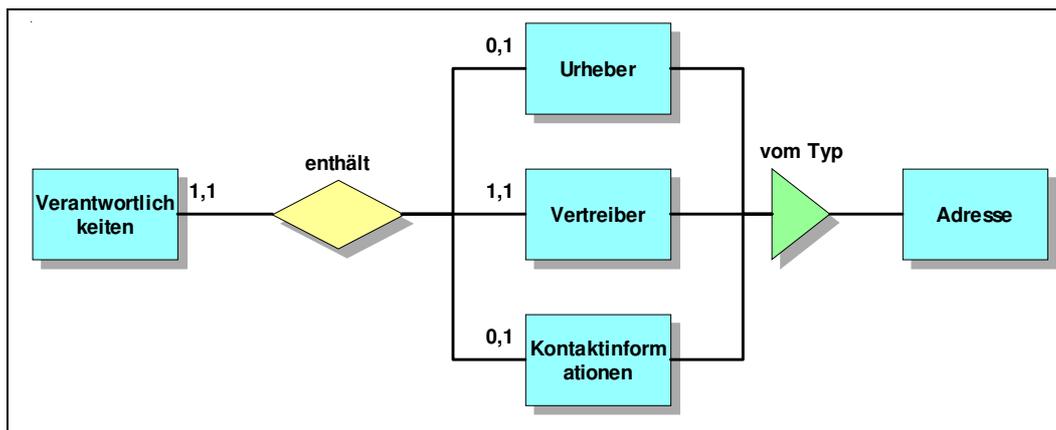


Abb. 3.7 Informationen zu Verantwortlichkeiten der EML

Diesen Informationseinheiten ist jeweils das Element „Adresse“ zugeordnet, welches die Attribute „Name“, „Organisation“, Postanschrift (bestehend aus „Straße“, „Stadt“, „Postleitzahl“, „Bundesland“, „Land“), „Email-Adresse“, „Telefonnummer“, „Faxnummer“ und Internetadresse („Url“) erlaubt.

3.1.2 Ziel- und Untersuchungsrahmen

Die Anforderungen der Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens wird bei ACCOUNT durch die Möglichkeit des Anlegens von Verweisen auf korrespondierende Metadaten-Kategorien gegeben (vgl. Arndt (2002), S. 175). ACCOUNT enthält somit keine eigenständigen Elemente zur Spezifizierung des Ziels und Untersuchungsrahmens. Aus diesem Grund wurde in diesem Ansatz die EML integriert, die Metadaten zur Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen bereitstellt.

3.1.3 Sachbilanzierung

Die Erfassung der betrieblichen Stoff- und Energieflüsse wurde in ACCOUNT an der Struktur der klassischen betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung ausgerichtet, um eine Verknüpfung von ökologischen und ökonomischen Daten zu ermöglichen. Weiterhin wird durch diese Vorgehensweise der Aufwand für die Datenerhebung minimiert (vgl. Arndt (1997), S. 189). Angelehnt an die Teilbereiche Kostenartenrechnung, Koststellenrechnung und Kostenträgerrechnung der betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung, besteht die Sachbilanzierung innerhalb von ACCOUNT aus folgenden Teilrechnungen (vgl. Arndt (1997), S. 187f; Arndt (2002), S. 175f):

- Flussartenrechnung (welche Stoff- und Energieflüsse sind angefallen?)
- Flussstellenrechnung (wo und in welcher Höhe sind Stoff- und Energieflüsse angefallen?)

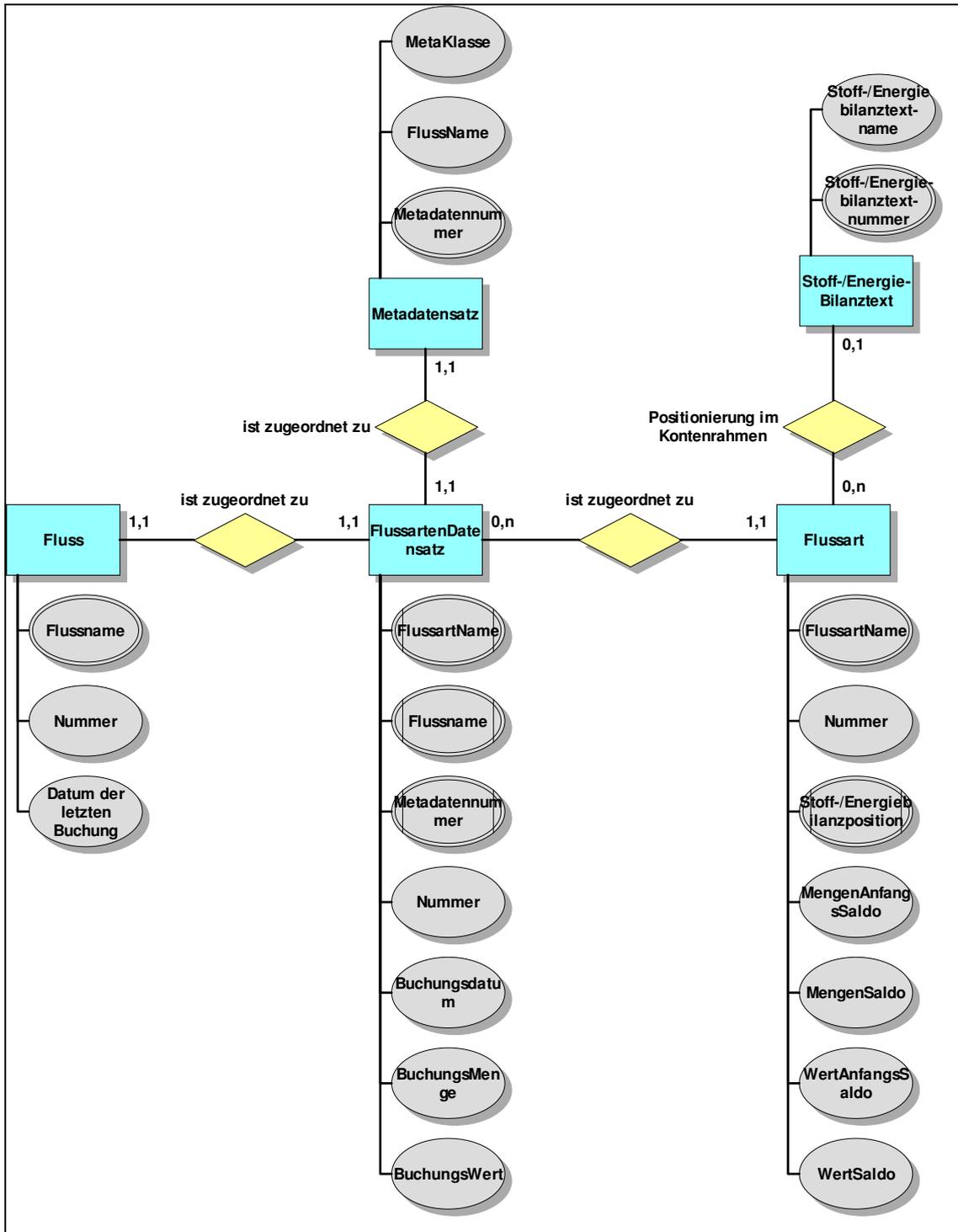
- Flussträgerrechnung(wofür sind die Stoff- und Energieflüsse angefallen?)

Diese Teilrechnungen werden im Folgenden erläutert und deren semantische Komponenten mit Hilfe von ER-Diagrammen veranschaulicht.

Flussartenrechnung:

„Die Flussartenrechnung dient der quantitativen Datensammlung zu den Stoff- Energie- und Kostenflüssen einer Organisation“ (Arndt (2002), S. 164). Grundlage dieser Datenerfassung ist der Öko-Kontenrahmen, der sämtliche zu berücksichtigende Datenkategorien ordnet und gruppiert (vgl. Arndt (1997), S. 197; Arndt (2008, S. 164f.). Dieser ökologische Kontenrahmen entspricht dem Kostenartenplan der klassischen Kostenrechnung und wurde bereits in Kapitel 2.2.2 vorgestellt.

Das konzeptionelle Schema der Flussartenrechnung wird in Abb. 3.8 dargestellt und enthält fünf elementare Entitätstypen(Objekte). Jedes Objekt wird durch seine Attribute beschrieben und ist jeweils über ein Schlüsselattribut mit den anderen Objekten verbunden (vgl. Arndt (1997), S. 206).



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Arndt (1997), S. 211

Abb. 3.8 Schema der Flussartenrechnung in ACCOUNT

In der Flussartenrechnung des Anwendungssystems ACCOUNT repräsentieren Konten die von der Organisation definierten Flussarten. (vgl. Arndt (2002), S. 175). Die Flussarten gehören zu den Stammdaten und enthalten neben „Flussartenname“ und „Flussartennummer“ zur eindeutigen Identifikation der Flussart, Attribute zur Angabe

eines „Mengenanfangs“- und „Wertanfangssaldo“, um eventuelle Mengen und Werte aus einer Vorperiode zu berücksichtigen. Mengensaldo und Wertsaldo entsprechen den Summen aller für die jeweilige Flussart verbuchten Mengen und Werte. Das Attribut „Stoff-/Energiebilanzposition“ dient zur Positionierung der Flussart im Öko-Kontenrahmen.

Diese Position wird durch einen Stoff- und Energiebilanztext definiert, der sich aus den Attributen „Stoff-/Energiebilanztextnummer“ und „bezeichnung“ zusammensetzt. Dabei ist es möglich, mehrere Flussarten durch den gleichen Stoff-/Energiebilanztext zu einer Gruppe im Öko-Kontenrahmen zusammenzufassen (vgl. Arndt (1997), S. 206). Eine Flussart kann jedoch maximal einem Stoff-/Energiebilanztext zugeordnet sein und wird somit eindeutig im Öko-Kontenrahmen positioniert. Die Gesamtheit aller Paare aus Stoff-/Energiebilanztextnummer und Stoff-/Energiebilanztext bildet den aktuellen ökologischen Kontenrahmen ab (vgl. Arndt (2002), S. 189). Somit wird der Öko-Kontenrahmen nur indirekt erzeugt und ist nicht in der Struktur einschränkend fixiert.

Die Flüsse stellen die Stammdaten für die betrieblichen Stoff- und Energieflüsse dar. Ein Fluss enthält dabei die Attribute „Flussname“ und „Flussnummer“ zur eindeutigen Identifizierung des Flusses sowie ein Datum, das den „Zeitpunkt der letzten Buchung“ beinhaltet. Ein Fluss wird dabei über seine Bezeichnung genau einem Flussartendatensatz zugeordnet (vgl. Arndt (1997), S. 209).

Die Flussartendatensätze stellen die Bewegungsdaten bzw. Buchungssätze der Stoff- und Energieflüsse dar. Sie enthalten einen „Flussnamen“ und „Flussartennamen“, um die eindeutige Zuordnung zum entsprechenden Fluss und zur entsprechenden Flussart herzustellen (vgl. Arndt (1997), S. 210). Eine Flussart enthält im Sinne eines Kontos beliebig viele Flussartendatensätze, wobei ein Datensatz genau einer Flussart zugeordnet sein muss. Weiterhin wird an dieser Stelle die „Buchungsmenge“ und der „Buchungswert“ der jeweiligen Buchung festgehalten. Die Buchungsmenge kann dabei je nach Flussart entweder als ein Betrag in Gewichtseinheiten oder in Energieeinheiten angegeben werden, da eine Flussart als unterste Gliederungsebene des Öko-Kontenrahmens nur gleichartige Stoffe oder gleichartige Energien enthält (vgl. Arndt (2002), S. 180). Ein Fluss wird also einmalig in den Stammdaten angelegt und in den Flussartendatensätzen beliebig oft mit Mengen und Werten bebucht. Zusätzlich wird das „Buchungsdatum“ sowie die „Buchungsnummer“ erfasst.

Jedem Flussartendatensatz wird über eine „Metadatennummer“ ein Metadatensatz zugeordnet. Ein Metadatensatz setzt sich zusammen aus der „Metadatennummer“, dem „Flussnamen“, der die Verbindung zum entsprechenden Fluss herstellt, sowie der

„MetadatenKlasse“. Die Metadatennummer eines Flussartendatensatzes kann aus der Menge der Metadatennummern ausgewählt werden, die sich aus der Gesamtheit aller Paare ausgewählter Flussbezeichnung und aktuellem Rechnungstyp (Flussarten-, Flussstellen-, Flusträgerrechnung oder Wirkungsabschätzung) entsprechen (vgl. Arndt (2008), S. 191ff).

Flussstellenrechnung:

„Die Flussstellenrechnung dient der Zuordnung der in der Flussartenrechnung erfassten Stoff- Energie- und Kostenflüsse auf eine durch die Organisation festgelegte Anzahl an Modulen, den Flussstellen“ (Arndt (2002), S. 165). In der Flussstellenrechnung des Anwendungssystems ACCOUNT repräsentieren Konten diese Flussstellen. (vgl. Arndt (2002), S. 176f.). Die Vorgehensweise ist dabei ähnlich zur Flussartenrechnung und wird in Abb. 3.9 dargestellt¹².

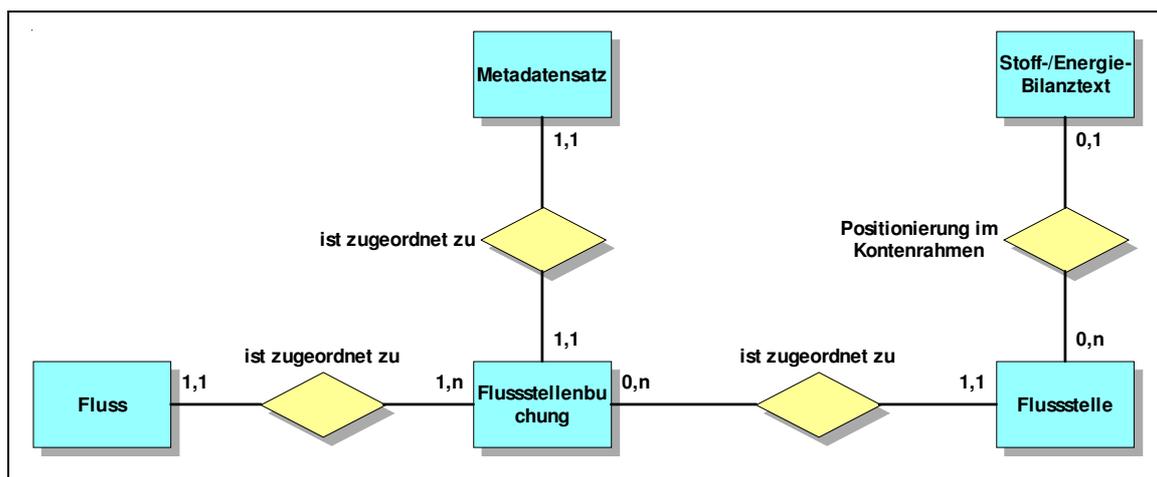


Abb. 3.9 Schema der Flussstellenrechnung in ACCOUNT

Die Flussstellen sind Stammdaten und durch die Attribute „Flussstellenname“ und „Flussstellennummer“ definiert (vgl. Arndt (1997), S. 218). Weiterhin sind Angaben für ein „Mengenanfangs“- und „Mengensaldo“, „Energiesaldo“ und „Wertsaldo“ enthalten (vgl. Arndt (2002), S. 180f). Die Einordnung der Flussstellen in den Öko-Kontenrahmen erfolgt identisch zur Flussartenrechnung durch das Attribut „Stoff-/Energiebilanzposition“. Für jede Flussstelle können Flussartendatensätze angelegt werden.

Flussstellendatensätze stellen dabei Bewegungsdaten bzw. Buchungen dar, wobei jedem Flussstellendatensatz ein Fluss aus der Menge der angelegten Flüsse mit dem Attribut

¹² Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf eine Darstellung der Attribute innerhalb des ER-Diagramms verzichtet.

„Flussname“ zugeordnet und über das Attribut „Flussstellename“ mit einer Flussstelle in Beziehung gebracht wird (vgl. Arndt (1997), S. 219). Es wird neben „Buchungsnummer“ und „Buchungsdatum“ der „Buchungswert“ sowie die „Buchungsmenge“ bzw. die „Buchungsenergie“ erfasst. Die Unterscheidung zwischen Buchungsmenge und Buchungsenergie ist notwendig, da auf eine Flussstelle sowohl Stoff- als auch Energieflüsse input- wie outputseitig verbucht werden können (vgl. Arndt (2002), S. 180).

Die Zuordnung eines Flussartendatensatzes zu einem Metadatensatz über das Attribut „Metadatennummer“ erfolgt analog zur Flussartenrechnung.

Flussträgerrechnung

„Die Flussträgerrechnung dient der Zuordnung der in der Flussstellenrechnung erfassten Stoff- Energie- und Kostenflüsse auf die durch die Organisation festgelegt Anzahl an Leistungen“ (Arndt (2002), S. 165). Diese so genannten Flussträger werden innerhalb von ACCOUNT in Kontenform dargestellt. Es wird dabei in gleicher Weise wie bei der Flussarten- und Flussstellenrechnung vorgegangen, was in Abb. 3.10 dargestellt wird¹³.

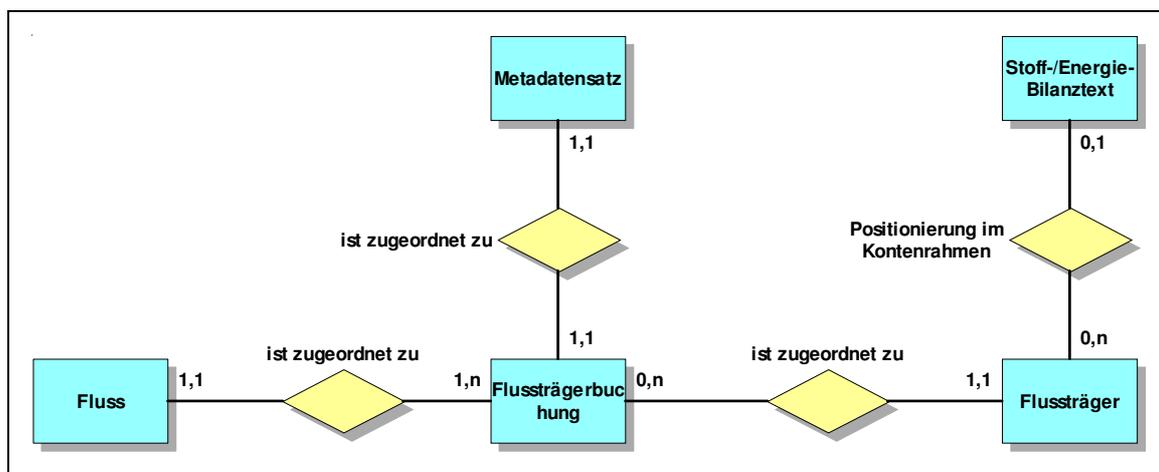


Abb. 3.10 Schema der Flussträgerrechnung in ACCOUNT

Die Flussträger stellen Stammdaten dar und enthalten die Attribute „Trägername“ und „Trägernummer“ zur eindeutigen Identifizierung sowie ein „Mengenanfangssaldo“ zur Einbeziehung eventueller Mengen aus Vorperioden. Mengen-, Wert- und Energiesaldo enthalten die Summen aller für diesen Flussträger verbuchten Mengen, Werte und Energien (vgl. Arndt (1997, S. 225; Arndt (2002), S. 180f). Die Einordnung der Flussträger in den Öko-Kontenrahmen erfolgt analog zur Flussarten- und Flussstellenrechnung durch ein „Stoff-/Energiebilanzposition“ – Attribut. Den

¹³ Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf eine Darstellung der Attribute innerhalb des ER-Diagramms verzichtet.

Flussträgern werden über das Attribut „Flussträgername“ Bewegungsdaten in Form von Flussträgerdatensätzen zugeordnet (vgl. Arndt (1997), S. 225).

Ein Flussträgerdatensatz stellt über die Schlüsselattribute „Flussträgername“ und „Flussname“ die Zuordnung zu dem entsprechenden Fluss und Flussträger her (vgl. Arndt (1997), S. 225). In gleicher Weise wird durch die „Metadatennummer“ ein Metadatenatz zugeordnet (vgl. Arndt (2002), S. 191ff). Es wird weiterhin „Buchungsnummer“ und „Buchungsdatum“ erfasst. Durch die Angaben „Buchungsmenge“, „Buchungsenergie“ und „Buchungswert“ wird die eigentliche Menge bzw. Energie und zugehöriger Wert der Buchung festgehalten (vgl. Arndt (2002), S. 180f). Hier wird analog zur Flusststellenrechnung zwischen Menge und Energie unterschieden, da für jeden Flussträger sowohl Stoffe als auch Energien input- und outputseitig verbucht werden können (vgl. Arndt (2002), S. 180f).

3.1.4 Wirkungsabschätzung

„Die Wirkungsabschätzung strebt eine Beurteilung der Bedeutung potentieller Umweltauswirkungen auf der Grundlage der Sachbilanzergebnisse an...“ (Arndt (2002), S. 165). Hierbei wird eine Verknüpfung der Flussarten mit den Wirkungskategorien hergestellt (vgl. Arndt (1997), S. 239). Innerhalb von ACCOUNT repräsentieren Konten die von der Organisation definierten Wirkungskategorien. Das Schema der Wirkungsabschätzung wird in Abb. 3.11 aufgezeigt¹⁴.

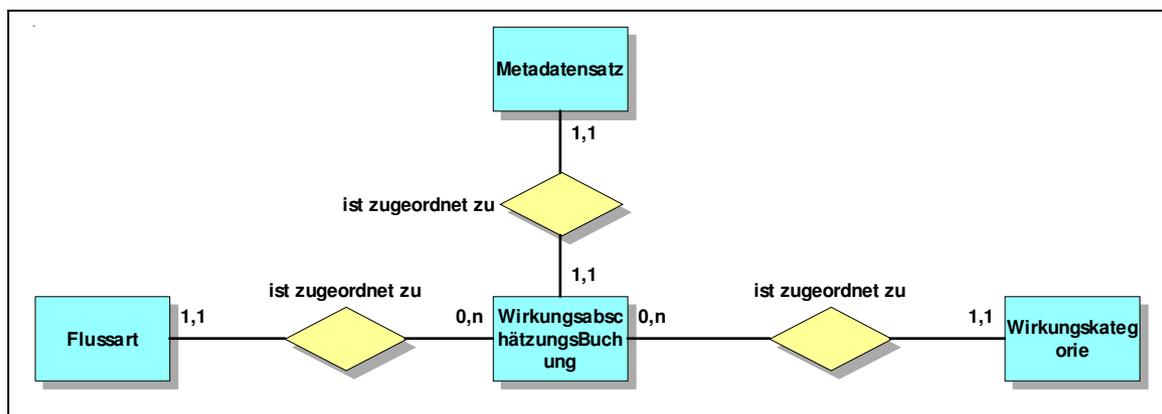


Abb. 3.11 Schema der Wirkungsabschätzung in ACCOUNT

Die Wirkungskategorien sind Stammdaten und enthalten die Attribute „Wirkungskategorienummer“ und „Wirkungskategoriename“ zur eindeutigen Identifizierung der Wirkungskategorie (vgl. Arndt (1997), S. 239). Weiterhin wird das

¹⁴ Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf eine Darstellung der Attribute innerhalb des ER-Diagramms verzichtet.

„Wirkungsindikatorergebnis“ festgehalten, das die Summe der (durch Charakterisierungsfaktoren umgewandelten) Stoff- und Energieflüsse einer Wirkungskategorie ausdrückt (vgl. Arndt (2002), S. 166). Zu jeder Wirkungskategorie werden Wirkungsabschätzungsdatensätze zugeordnet.

Die Zuordnung erfolgt über das Schlüsselattribut „Wirkungskategorienname“. Ein weiteres Schlüsselattribut ist „Flussartname“, worüber die entsprechende Flussart zugeordnet wird (vgl. Arndt (1997), S. 239f). Analog dazu wird über „Metadatennummer“ ein Metadatensatz zugeordnet (vgl. Arndt (2002), S. 191ff). Ein Wirkungsabschätzungsdatensatz enthält darüber hinaus „Buchungsnummer“ und „Buchungsdatum“. Die jeweilige „Buchungsmenge“ wird mit einem „Charakterisierungsfaktor“ multipliziert und als „Buchungsergebnis“ aufgeführt (vgl. Arndt (2002), S. 181). Durch das Attribut „Raumbezug“ wird angegeben, ob die entsprechende Buchung lokale, regionale oder globale Auswirkungen auf die Wirkungskategorie hat (vgl. Arndt (2002), S. 182). Das „Wirkungsindikatorergebnis“ in den Stammdaten der Wirkungskategorie ergibt sich aus der Summe der Buchungsergebnisse.

3.1.5 Auswertung

Die Auswertungsphase wird im Softwaresystem ACCOUNT durch das Erstellen von Berichten unterstützt. „Die Konten der Flussarten-, Flussstellen-, Flussträgerrechnung sowie der Wirkungsabschätzung können nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet werden (Arndt (2002), S. 179). Typische Berichte sind dabei (vgl. Arndt (2002), S. 169):

- Umweltbilanz: Ergebnis der Flussartenrechnung, Gegenüberstellung der Inputs und Outputs der Organisation als Ganzes
- Prozessbilanzen: Ergebnisse der Flussstellenrechnung, Gegenüberstellung der Inputs und Outputs des jeweils definierten Prozesses
- Leistungsbilanzen: Ergebnisse der Flussträgerrechnung, Gegenüberstellung der Inputs und Outputs für die jeweils definierte Leistung

Des Weiteren ist die Definition von Umweltsleistungskennzahlen möglich (vgl. Arndt (2002), S. 179). Kennzahlen können in ACCOUNT als Stammdaten mit „Bezeichnung“, „Beschreibung“ sowie einer „Berechnungsvorschrift“ angelegt werden.

3.2 Ansatz XML-Schema auf Grundlage der ISO-Normen

Ein weiterer untersuchter Ansatz der Stoff- und Energiebilanzierung stellt die Umsetzung der Normen zur Ökobilanzierung DIN EN ISO 14040:2006 und DIN EN ISO 14044:2006 in einem XML-Schema dar. Die Erstellung eines solchen Schemas war Thema einer Diplomarbeit von Dammert (vgl. Dammert (2008), worauf sich im Folgenden bezogen wird. Um die semantischen Elemente des Schemas zu identifizieren, wurde das Schema mit dem Programm „XML-Spy“ der Firma Altova geladen und in der Schema-Design-Ansicht in Form einer ausklappbaren Baumansicht dargestellt, um die Elemente und deren Zusammenhang zu veranschaulichen (vgl. Altova GmbH (2007)).¹⁵ Die Grobstruktur des Schemas ist in Abb. 3.12 dargestellt.

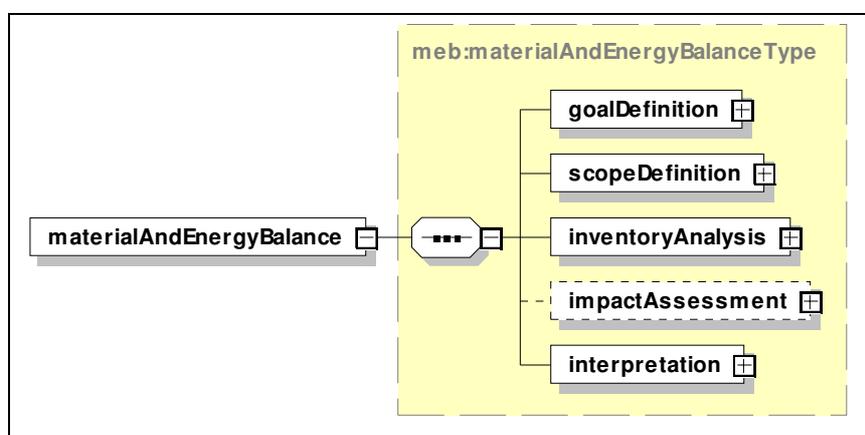


Abb. 3.12 Struktur der XML-Schemadefinition

Die gesamte Stoff- und Energiebilanz („materialAndEnergyBalance“) enthält entsprechend den Normen der Ökobilanzierung die Zieldefinition („goalDefinition“), den Untersuchungsrahmen („scopeDefinition“), die Sachbilanz („inventoryAnalysis“), die Wirkungsabschätzung („impactAssessment“) und die Auswertung („interpretation“) (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 6ff).

3.2.1 Zieldefinition

Die Zieldefinition einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040:2006 sowie 14044:2006 wird in Abb. 3.13 veranschaulicht.

¹⁵ Elemente werden dabei als Rechteck dargestellt. Gestrichelte Rechtecke stellen optionale Elemente dar. Die Rechtecke sind durch Kanten verbunden, um deren Inhalt darzustellen, wobei die abgerundeten Rechtecke Inhaltsmodelle repräsentieren (vgl. Altova GmbH (2007)).

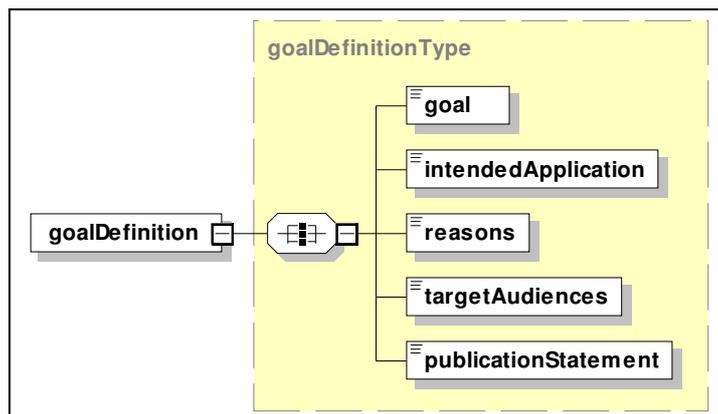


Abb. 3.13 Zieldefinition des XML-Schemas

Die Zieldefinition enthält Angaben zur beabsichtigten Anwendung („intendedApplication“) sowie den Gründen für die Durchführung der Studie („reasons“) an. Weiterhin wird die angesprochene Zielgruppe („targetAudiences“) beschrieben, d.h. an wen sich die Ergebnisse der Studie richten sollen. Zudem wird angegeben, ob die Ergebnisse der Ökobilanz für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen Aussagen bestimmt sind („publicationStatement“) (vgl. Deutschen Institut für Normung (2006b), S. 15f.).

3.2.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens

Innerhalb des Untersuchungsrahmens werden Breite, Tiefe und die Einzelheiten der Studie definiert. In Abb. 3.14 werden die Elemente entsprechend der Normen zur Ökobilanzierung des Untersuchungsrahmens dargestellt (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b) S. 16). Der Untersuchungsrahmen enthält dabei:

- Das zu untersuchende Produktsystem („productSystem“). Dieses umfasst mehrere Prozessmodule, welche als „(...) kleinster in der Sachbilanz berücksichtigter Bestandteil, für den Input- und Outputdaten quantifiziert werden“ (Deutsches Institut für Normung(2006b), S. 18) definiert sind.
- Die Funktionen des Produktsystems („functions“), welche weiter durch Leistungsmerkmale und nicht berücksichtigte Funktionen spezifiziert werden(vgl. Deutsches Institut für Normung S. 17).
- Die funktionelle Einheit („functionalUnit“). Sie bildet eine Bezugsgröße, auf die die Input- und Outputflüsse normiert werden. Somit kann auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen sichergestellt werden(vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 23f, Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 17).

- Die Systemgrenze („systemBoundary“). Diese enthält eine Auflistung aller in der Studie enthaltenen Prozessmodule (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 17). Ein Prozessmodul ist durch Id, Name, Anfang und Ende sowie der Art der Bearbeitung definiert.
- Die Allokationsverfahren („allocationProcedures“). Hier werden Angaben über die verwendeten Verfahren zur Zuordnung von In- und Outputs zu verschiedenen Prozessmodulen oder Produktsystemen gemacht (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 10).
- Die Methode für die Wirkungsabschätzung („impactAssessmentMethodology“) enthält eine Auflistung der verwendeten Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle. Diese sind durch die Attribute Id, Name, Quellen und verbundene Informationen gekennzeichnet.
- Die Anforderungen an die Datenqualität („dataQualityRequirements“). Dabei sind unter anderem folgende Parameter festzulegen¹⁶ (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 21); Arndt (2002), S. 163):
 - Zeitbezug: Zu welchem Zeitpunkt bzw. in welchem Zeitraum wurden die einzelnen Datenkategorien erfasst.
 - Raumbezug: Hierbei wird den Datenkategorien ein Bezugspunkt zugeordnet, der sowohl ein (geographischer) Ort, ein Organisationsbereich, ein Prozeß, oder auch ein Produkt bzw. eine Dienstleistung sein kann.
 - Art der Daten: Dabei ist zu berücksichtigen, auf welche Art und Weise die Daten erfasst wurden (Messung, Berechnung, Schätzung etc.).
 - Weitere zu berücksichtigende Punkte sind der technologische Erfassungsbereich, die Präzision, Vollständigkeit, Repräsentativität, Konsistenz, Vergleichspräzision, Datenquellen sowie Unsicherheit der Daten.

Weitere Bestandteile des Untersuchungsrahmens sind die Methoden zur Auswertung („interpretation“), die Anforderungen an die Daten („dataRequirements“), die Annahmen („assumptions“), unter denen die Studie durchgeführt wurde, die Werthaltungen („valueChoices“), die Einschränkungen („limitations“), die Art der Kritischen Prüfung („criticalReviewConsiderations“) (sofern vorgesehen), die Art und der Aufbau des für die Studie vorgesehenen Berichts („typeAndFormatOfReport“)

¹⁶ Für weitere Anforderungen an die Datenqualität siehe Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 21.

und weitere optionale Bestandteile („optionalElements“) (vgl. Deutsches Institut für Normung, S. 16-23).

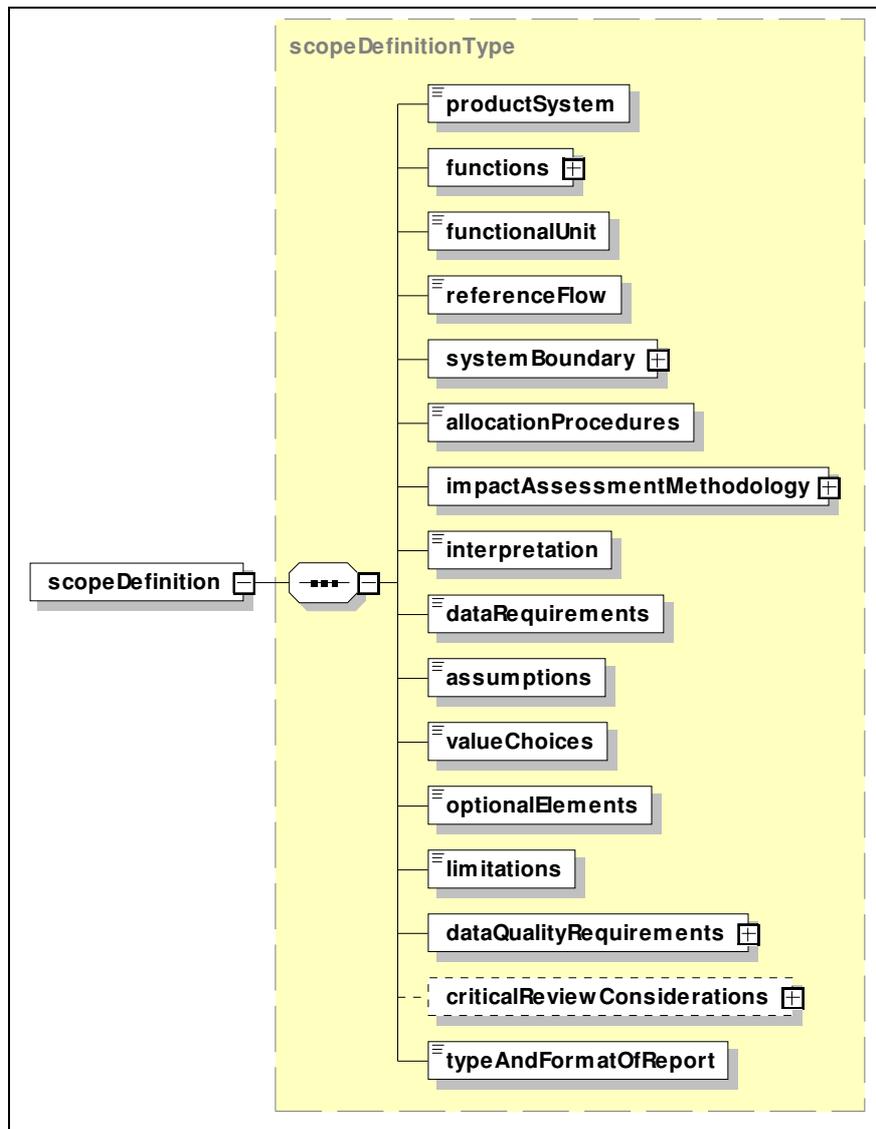


Abb. 3.14 Untersuchungsrahmen des XML-Schemas

3.2.3 Sachbilanzierung

In der Phase der Sachbilanzierung folgen die Datenerhebungen und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter In- und Outputflüsse des Produktsystems (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 30). Für jedes Prozessmodul werden die qualitativen und quantitativen Daten ermittelt. Der Aufbau der Sachbilanzierung ist in Abb. 3.15 wiedergegeben. Dabei ist die Definition von Öko-

Kontenrahmen („`ecoAccountSystem`“) enthalten, in den alle Stoffe und Energien eingeordnet werden können. Weiterhin werden die benutzten Einheiten („`usedUnits`“) aufgeführt. Die eigentliche Zuordnung der Flüsse zu den Prozessmodulen erfolgt in der Prozessmodulzuordnung („`unitProcessAssignment`“). In der Dokumentation („`documentation`“) werden weitere Informationen zu verwendeten Datenerhebungs- und Berechnungsverfahren festgehalten (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 23f.).

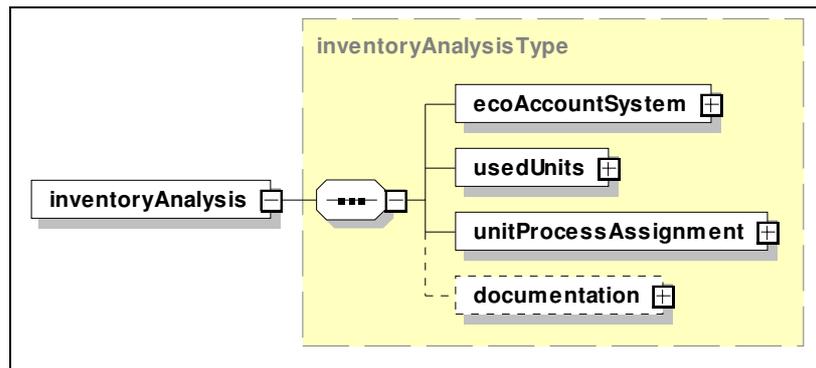


Abb. 3.15 Sachbilanzierung des XML-Schemas

Ein Öko-Kontenrahmen wird dabei durch ein Öko-Konten-System („`ecoAccountSystem`“) dargestellt, welches in Abb. 3.16 veranschaulicht wird. Es enthält neben Name („`name`“) und Beschreibung („`description`“) eine ID zur Identifizierung sowie eine Vorgänger-ID („`parentID`“), um hierarchische Zuordnungen herzustellen. Dadurch kann ein Öko-Kontenrahmen in mehrere Umwelt-/Kostenarten unterteilt werden. Haben dabei mehrere Umwelt-/Kostenarten eine identische `parentId`, bilden sie eine Gruppe. Eine Gewichtung („`weight`“) dient der Sortierung. Um Umwelt-/Kostenarten zu Konten der Finanzbuchhaltung zuordnen zu können, dient das Attribut Kontennummer („`accountNo`“).

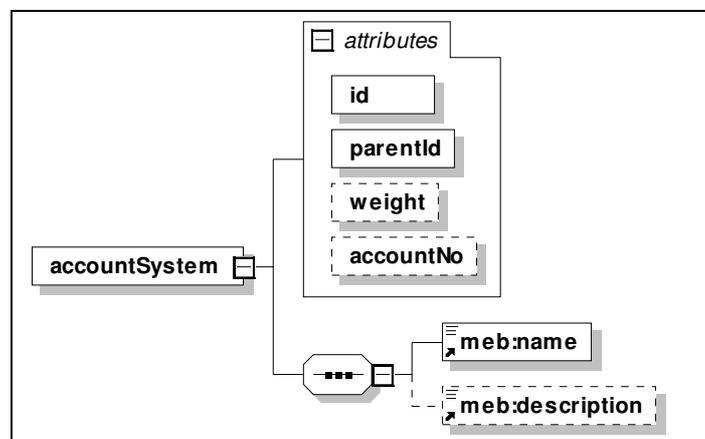


Abb. 3.16 Öko-Kontenrahmen im XML-Schema

Der Hauptbestandteil der Sachbilanz erfolgt in der Auflistung von Prozessmodulen („unitProcessAssignment“), denen Stoff- und Energieströme („flow“) zugeordnet werden. Diese Zuordnung erfolgt durch ein Flussverzeichnis („flowInventory“), das alle Stoff- und Energieflüsse auflistet, die dem Prozessmodul zugeordnet sind (siehe Abb. 3.17). Ein Prozessmodul („unitProcess“) enthält weiterhin eine ID zur Identifikation, eine Beschreibung der Faktoren („description“), Daten zu den Betriebsbedingungen („operatingConditions“), eine Angabe eines Referenzflusses („referenceFlow“) auf den die Input- und Output-Daten bezogen werden sowie Angaben über die Sammlung der Daten („dataCollection“), bestehend aus Zeit, Ort und Verantwortlicher Person.

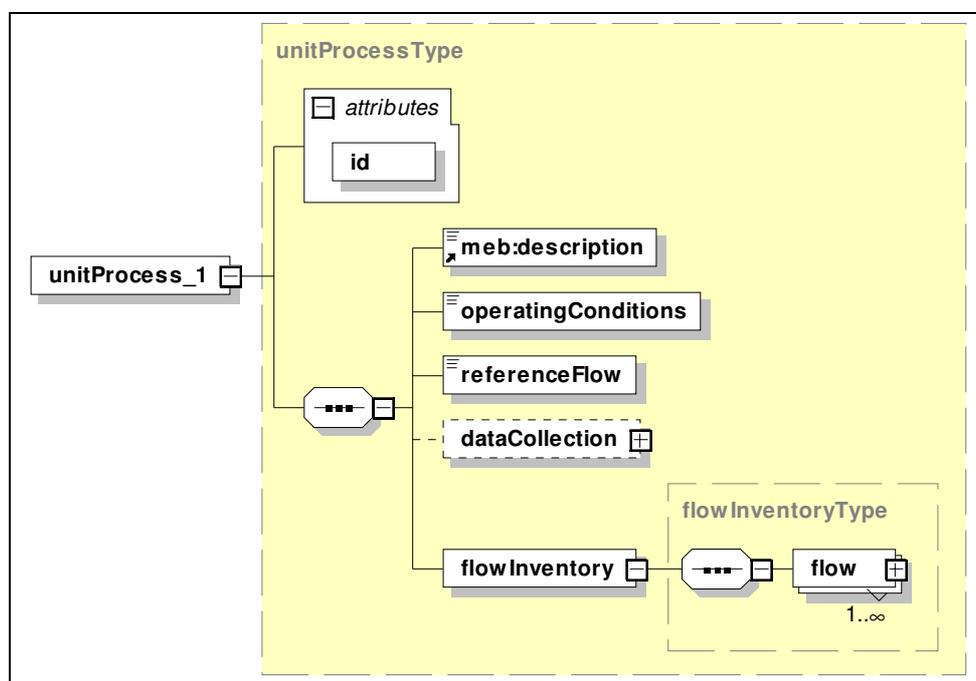


Abb. 3.17 Zuordnung der Flüsse zu Prozessmodulen im XML-Schema

Für jeden Fluss werden dabei die Attribute Name und ID zur Identifizierung, Einheit sowie Menge des Flusses erfasst. Das Attribut `Typ` spezifiziert den Fluss als Input oder Output. Eine Prozessmodulreferenz gibt eine eventuelle Verknüpfung mit weiteren Prozessmodulen an. Zur Einordnung des Flusses in den Öko-Kontenrahmen ist das Attribut `Kontensystem` vorhanden, welches über die `Id` einen Bezug zu einem der Öko-Kontenrahmen herstellt.

Weiterhin werden zu jedem Fluss Angaben zur Datenerfassung, wie öffentliche Quellen, Details, Zeitspanne und Datenqualitätsindikatoren, sowie Angaben zum Wert des Flusses (bestehend aus Menge und Einheit) erfasst.

3.2.4 Wirkungsabschätzung

Ziel der Wirkungsabschätzung ist es, die Sachbilanzergebnisse den ausgewählten Wirkungskategorien zuzuordnen, um die Bedeutung potenzieller Umweltauswirkungen beurteilen zu können (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 27).

Die Wirkungsabschätzung besteht zunächst aus einer Auflistung der Wirkungskategorien. Die Elemente einer Wirkungskategorie („`impactCategory`“) werden in Abb. 3.18 dargestellt und im Folgenden kurz erläutert.

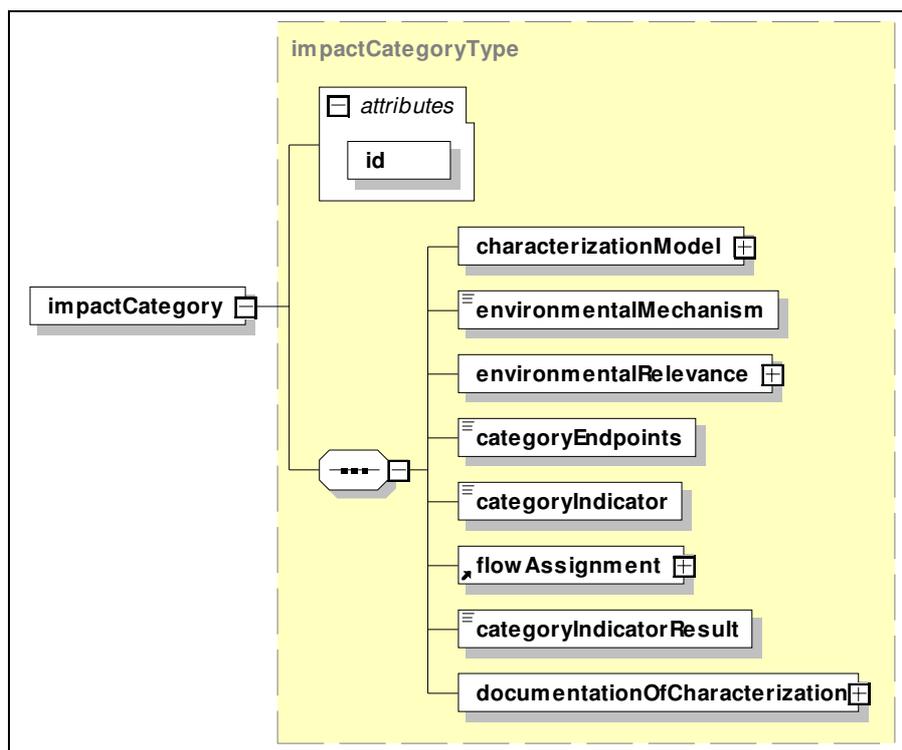


Abb. 3.18 Wirkungskategorie im XML-Schema

Eine Wirkungskategorie („`impactCategory`“) enthält dabei eine Id zur Identifizierung, einen Wirkungsindikator („`categoryIndicator`“), das Wirkungsindikatorergebnis („`categoryIndicatorResult`“) sowie Wirkungsendpunkte („`categoryEndpoints`“).

Eine Wirkungskategorie enthält weiterhin dabei Informationen zum Umweltwirkungsmechanismus („`environmentalMechanism`“) und Charakterisierungsmodell („`characterizationModel`“), um die Beziehung der Sachbilanzergebnisse zum Wirkungsindikator herzustellen. Das Charakterisierungsmodell enthält dabei eine Id zur Identifikation sowie einer Angabe über die Eignung des Charakterisierungsmodells für die Ableitung des Wirkungsindikators. (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 34).

Die Relevanz der Umweltwirkung („environmentalRelevance“) innerhalb einer Wirkungskategorie enthält eine Angabe über die Fähigkeit des Wirkungsindikators, die Wirkungen der Sachbilanzergebnisse auf den Wirkungsendpunkt qualitativ wiederzuspiegeln, sowie weitere optionale Daten (z.B. zeitliche und räumliche Aspekte). Weiterhin werden in den Dokumentationen zur Berechnung der Indikatorwerte („documentationOfCharacterization“) die Verfahren zur Berechnung der Indikatorwerte, die angewendeten Werthaltungen und getroffenen Maßnahmen dargestellt.

Die entscheidende Zuordnung der Sachbilanzergebnisse zur Wirkungskategorie erfolgt durch die Flusszuordnung („flowAssignment“), die in Abb. 3.19 dargestellt ist.

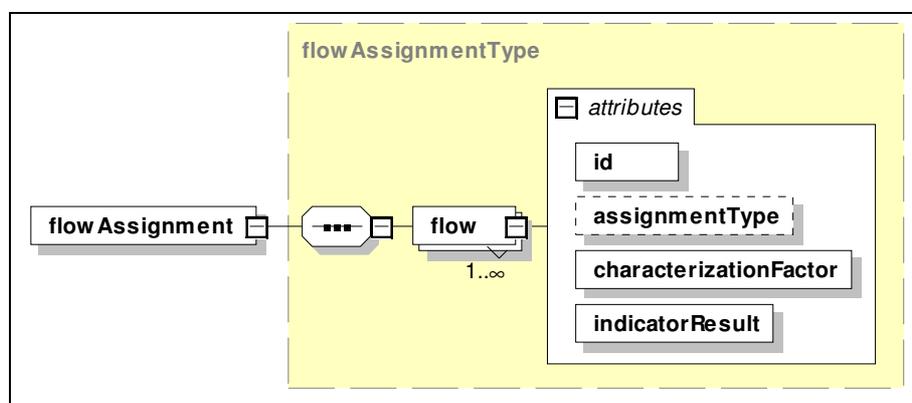


Abb. 3.19 Zuordnung der Flüsse zu Wirkungskategorien im XML-Schema

Jeder Stoff- und Energiefluss („flow“) wird durch seine Id eindeutig zu den Ergebnissen der Sachbilanz zugeordnet. Weiterhin wird der Charakterisierungsfaktor („characterizationFactor“) und das Ergebnis der Charakterisierung („indicatorResult“) festgehalten, welches sich aus der Menge des Flusses aus der Sachbilanzierung multipliziert mit dem Charakterisierungsfaktor ergibt. Durch den Zuordnungstyp („assignmentType“) kann angegeben werden, ob der Fluss einer Wirkungskategorie, mehreren Wirkungskategorien oder aufeinander folgenden Mechanismen zugeordnet ist.

3.2.5 Auswertung

In der Auswertung werden die Ergebnisse aus Sachbilanz und Wirkungsabschätzung betrachtet und dienen dabei zur Ableitung von Schlussfolgerungen, Erläuterungen von Einschränkungen und zum Aussprechen von Empfehlungen (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006a), S. 31).

Die Auswertungsphase enthält Bestandteile zur Identifizierung signifikanter Parameter („significantIssues“), Beurteilung („evaluation“), Schlussfolgerungen

(„conclusions“), Einschränkungen („limitations“) und Empfehlungen, welche in Abb. 3.20 dargestellt werden. („recommendations“) (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 45).

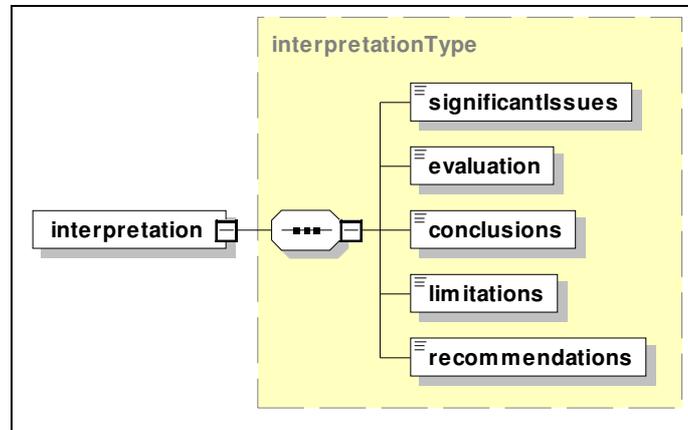


Abb. 3.20 Auswertung im XML-Schema

4 Grundlagen von Topic Maps

4.1 Ziele des Einsatzes von Topic Maps

Ziel der Arbeit ist es, die Wissens Elemente und -strukturen für den Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung zu formulieren und darzustellen. Elemente aus verschiedenen Ansätzen sollen auf semantisch gleichartige Komponenten hin untersucht werden und dadurch eine einheitliche Wissensbasis im Kontext der Stoff- und Energiebilanzierung erzeugt werden. Für diese Aufgabe eignen sich Topic Maps, die bereits kurz in Kap. 2.4 als Weiterentwicklung von Thesaurus und Taxonomie vorgestellt wurden.

„Topic Maps organisieren, strukturieren und integrieren Informationsquellen (...) in einer Metaebene durch die Verwendung eines vereinenden konzeptionellen Rahmens. Sie bilden ein strukturiertes semantisches Verknüpfungsnetzwerk und ermöglichen so die Repräsentation von Wissensstrukturen in Informationsquellen (...). Darüber hinaus erleichtern Topic Maps die Beschreibung des allgemein in Organisationen geteilten Verständnisses, z.B. von Objekten und Begriffen und deren Beziehungen...“ (Smolnik (2006), S. 57). Somit stellen Topic Maps ein geeignetes Werkzeug dar, um die Grundbestandteile der Stoff- und Energiebilanzierung zu identifizieren und miteinander in Verbindung zu bringen, um demzufolge eine Wissensbasis für den Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung aufzubauen.

Die Stärken von Topic Maps liegen dabei unter anderem in der Navigations- und Explorationsmöglichkeit der modellierten Domäne (vgl. Smolnik (2006), S. 82). Durch den Bezug auf den verbreiteten Standard wird sichergestellt, dass die Umsetzung unabhängig von spezifischen Software-Produkten erfolgen kann. Somit können durch den Einsatz von Topic Maps beispielsweise die verschiedenen Phasen der Stoff- und Energiebilanzierung miteinander verknüpft werden. Es können Beziehungen zwischen Elementen hergestellt werden, die vor der Erstellung des Netzes nicht ersichtlich waren. Die leichte Navigation und Visualisierung der Elemente und deren Beziehungen kommt der Verständlichkeit und der Übersichtlichkeit zugute. Dadurch wird es durch Assoziation auch möglich, weitergehende Verbindungen, als die bisher bekannten zu erkennen.

„Ein grundlegender Mechanismus des menschlichen Denkens ist die Assoziation. Diese Denkweise wird direkt durch Topic Maps unterstützt, indem bei der Betrachtung des Themas (genauer: Topic) auf verwandte Themen hingewiesen wird (...). Themen werden so in Kontexte gesetzt, die zuvor bei der Betrachtung von Informationsobjekten nicht ersichtlich waren. Die Entdeckung und Nutzbarmachung dieser neuen, d.h. impliziten und zuvor unbekanntem Kontexte ist grundsätzlich eine Ausgangsbasis für die Konstruktion neuen Wissens“ (Smolnik (2006), S. 58f.). Topic Maps unterstützen

somit assoziatives Denken und die Konstruktion neuen Wissens. So können durch den Einsatz von Topic Maps neue Assoziationen zwischen Elementen der Stoff- und Energiebilanzierung identifiziert werden. Weiterhin ist es möglich, identische Elemente innerhalb der Stoff- und Energiebilanzierung wahrzunehmen, obwohl diese möglicherweise unterschiedliche Benennungen haben und in unterschiedlichen Ansätzen zum Einsatz kommen.

Weitere Vorteile sind darin begründet, dass Topic Maps austauschbar, transferierbar und zusammenführbar sind, da sie von dem eigentlich Datenbestand losgelöst sind (Smolnik (2006), S. 58). Sie bilden somit ein Netzwerk von auf konzeptueller Ebene, das die Daten selbst nicht beeinflusst, sondern die in den Daten implizit enthaltenen Wissensobjekte identifiziert und verknüpft. Dadurch wird unter anderem die Integration heterogener Anwendungsgebiete auf konzeptueller Ebene ermöglicht, was im Hinblick auf die das Zusammenführen von Topic Maps aus verschiedenen Themengebieten sehr interessant ist. So könnten interdisziplinäre Topic Maps erstellt werden, die Zusammenhänge zwischen Objekten aus verschiedensten fachspezifischen Blickwinkeln darstellen.¹⁷

Diese Eigenschaften der Austauschbarkeit, Transferierbarkeit und Zusammenführbarkeit sollen im weiteren Verlauf der Arbeit dazu genutzt werden, die beiden in Kap. 3 vorgestellten Ansätze der Stoff- und Energiebilanzierung als Topic Maps darzustellen und diese dann in einem einzigen Netz zusammenzuführen.

4.2 Einführung in Topic Maps

Topic Maps können als standardisierte Form von semantischen Netzwerken angesehen werden, deren Stärken in der Navigation und Exploration von modellierten Domänen liegen (vgl. Smolnik (2006), S. 11, 829). Im Jahr 1999 wurde von der ISO und der IEC der „ISO/IEC 13250 Topic Map“ Standard verabschiedet. Dieser „... definiert ein Modell und eine Architektur für die semantische Strukturierung von Verknüpfungsnetzwerken“ (Smolnik (2006), S. 50). Neben diesem ISO 13250 Standard wurde im Jahr 2000 von der TopicMaps.Org Authoring Group die XML Topic Maps (XTM) Spezifikation 1.0 veröffentlicht (vgl. Pepper/Moore (2001)). Die XTM-Spezifikation basiert auf der eXtensible Markup Language (XML)¹⁸ und bietet diverse Erweiterungen im Vergleich zur ISO 13250. Die Unterschiede zwischen dem ISO

¹⁷ Auf die Möglichkeit der Integration heterogener Anwendungsgebiete wird in Kap. 7 weiter eingegangen.

¹⁸ Für eine Einführung in XML sei auf Hauser (2006) sowie Ray (2004) verwiesen.

13250 Standard und der XTM-Spezifikation werden in (Widhalm/Mück (2002), S. 369) erläutert.¹⁹

In den kommenden Abschnitten werden folgende wesentliche Bestandteile des Topic Map Standards vorgestellt (vgl. Smolnik (2006), S. 50):

- Topics und Topic Types,
- Topic Names,
- Topic Occurrences und Occurrence Roles,
- Topic Associations, Association Types und Association Roles,
- Scopes, Themes und Facets,
- Topic Maps und Topic Map Templates.

Anschließend wird in Abschnitt 4.2.7 die Vorgehensweise beschrieben, um mehrere Topic Maps zu einer einzigen zu vereinen.

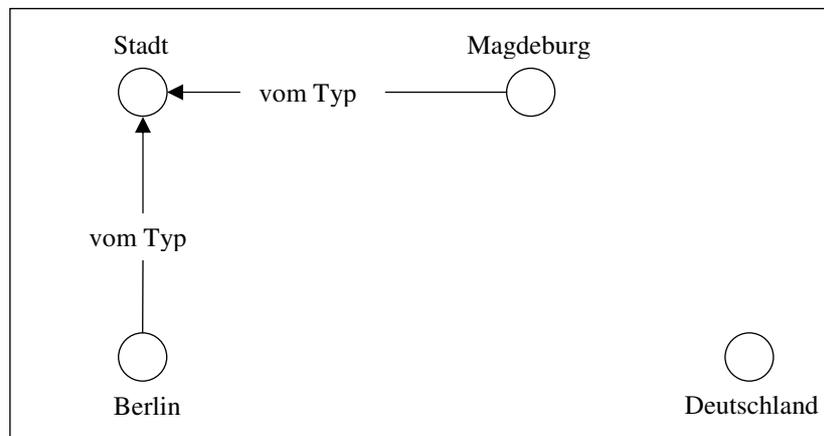
4.2.1 Topics und Topic Types

“A topic, in its most generic sense, can be any “thing” whatsoever – a person, an entity, a concept, really anything – regardless of whether it exists or has any other specific characteristics, about which anything whatsoever may be asserted by any means whatsoever.” (Pepper (2000), S. 6). Eine weitere Definition findet sich in Widhalm/Mück (2002): „Ein Topic ist ein elementares Subjekt im Kontext des modellierten Wissens, eine Entität. Es kann eigentlich alles Beschreibbare sein, eine Person, ein Land, ein Gegenstand, ein Wort, eine Zahl etc. (Widhalm/Mück (2002), S. 6). Somit kann nahezu alles Ausdrückbare als Topic modelliert werden.

Weiterhin ist eine Typisierung von Topics möglich. „Ein Topic kann Instanz eines oder mehrerer Typen sein. Solche Typen werden als Topic Types bezeichnet.“ (Smolnik (2006), S. 51). Es besteht eine Klasse-Instanz-Beziehung zwischen den Topics und den Topic Types (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 7; Smolnik (2006), S. 51). Dadurch ist auch die Bildung von Topic Type - Hierarchien möglich, da entsprechend des Standards ein Topic Type auch immer gleichzeitig ein Topic ist (vgl. Smolnik (2006), S. 51).“Es ist auch denkbar, dass ein Topic, abhängig vom Anwendungsfall, gar keinen Typ hat“ (Widhalm/Mück (2002), S. 7).

¹⁹ Für eine ausführliche Beschreibung der technischen Umsetzung der ISO 13250 und der XTM-Spezifikation wird an dieser Stelle auf (ISO/IEC-13250 (2002)) und (Pepper/Moore (2001)) verwiesen.

In Abb.4.1 wird exemplarisch eine Topic Map abgebildet. Dabei werden als Beispiel die Topics „Stadt“, „Magdeburg“, „Berlin“ und „Deutschland“ eingeführt. Das Topic „Stadt“ ist hier das Topic Type für die Topics „Magdeburg“ und „Berlin“²⁰.



Quelle: In Anlehnung an Widhalm/Mück (2002), S. 8

Abb. 4.1 Beispiel für eine Topic Map

Unter dem Ausdruck „Topic Characteristics“ werden die Namen eines Topics (Topic Names), seine Occurrences sowie die Rollen, die es in Assoziationen spielt (Association Roles) zusammengefasst (vgl. Pepper (2000), S. 7; Widhalm/Mück (2002), S. 8). Diese Topic Characteristics werden im Folgenden eingeführt.

4.2.2 Topic Names

Das Konstrukt Topic Names wird im Topic Map Standard definiert, um Topics zu bezeichnen. Es darf dabei für alle gegebenen Topics keinmal, einmal oder mehrmals vorkommen (vgl. Smolnik (2006), S. 52; Pepper (2000), S. 8). Es werden folgende Ausprägungen unterschieden:

- Base Name
- Display Name
- Sort Name

“Der Base Name ist der ‘eigentliche’ Name eines Topics. Jedes Topic muss mindestens einen Base Name haben“ (Widhalm/Mück (2002), S. 8). Der Display Name wird für Repräsentationszwecke genutzt, und um Topics in Form von Listen zu sortieren, wird

²⁰ Die Darstellungen der Topic Maps orientieren sich an Widhalm/Mück (2002). Einzelne Topics werden durch Kreise symbolisiert. Die gerichteten Verbindungen mit der Bezeichnung „vom Typ“ stellen die Typisierung der Topics dar.

dagegen der List Name verwendet (vgl. Smolnik (2006), S. 52). Display Name und Sort Name sind somit optional, es ist lediglich ein Base Name pro Topic erforderlich (vgl. Pepper (2002), S.8).

An dieser Stelle wird auf die „Topic Naming Constraint (TNC)“ hingewiesen, welche fordert, „dass zwei Subjekte der Realwelt nie den gleichen Base Name im gleichen Kontext haben dürfen“ (Smolnik (2006), S. 52). Kontexte werden als „Scopes“ bezeichnet, welche in Kapitel 4.2.5 eingeführt werden. Haben nun zwei Topics im gleichen Kontext denselben Base Name, so müssen sie zu einem Topic zusammengefasst werden (vgl. ISO/IEC (2002), S. 13ff).

4.2.3 Topic Occurrences und Occurrence Roles

Topics können mit einem oder mehreren Informationsobjekten verknüpft werden, die als relevant für das Topic erachtet werden (vgl. Pepper (2000), S. 8). Dazu gehören beispielsweise Beschreibungen, Definitionen, Fotos oder Videos in Form von Dokumenten oder Webseiten. „Diese für ein Topic relevanten Informationsobjekte werden als *Topic Occurrences* bezeichnet. Topic Occurrences sind grundsätzlich nicht Bestandteil einer Topic Map, aber über einen Verknüpfungsmechanismus mit korrespondierenden Topics verbunden“²¹ (Widhalm/Mück (2002), S. 52). Die Topic Maps sind also von den referenzierten Dokumenten getrennt, Topics und ihre Topic Occurrences bilden zwei verschiedene Ebenen (vgl. Pepper (2000), S. 8f). Dadurch bleiben die Dokumente völlig unangetastet, die Topic Maps sind von ihnen losgelöst und austauschbar (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 6). Mit XTM kann jedoch ein Informationsobjekt als Zeichenkette direkt in der Occurrence abgelegt werden (vgl. Pepper/Moore (2001)).

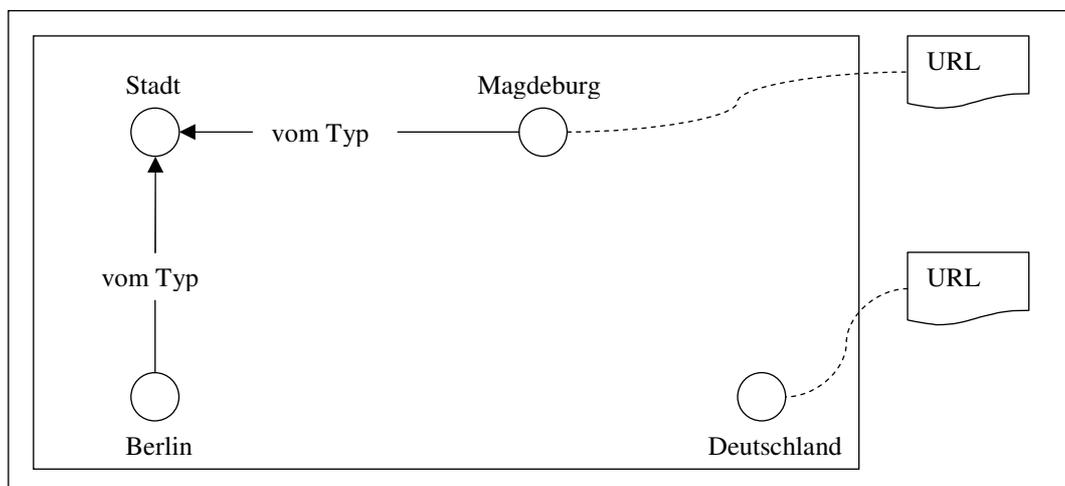
Topic Occurrences können nun weiterhin Occurrence Roles zugewiesen werden, die die Art des verknüpften Informationsobjektes weiter spezifizieren (z.B. Monograph, Artikel, Illustration, Lexikoneintrag etc.) (vgl. Pepper (2000), S. 9; Widhalm/Mück, S. 10). Occurrence Roles verdeutlichen also, welche Informationen die Occurrence zum Topic bereitstellt. In der XTM-Spezifikation wurde die Occurrence Role entfernt und durch einen Base-Name ersetzt (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 377).

In Abb. 4.2 wird das in Kap. 4.2.1 eingeführte Beispiel um Topic Occurrences in Form von Webseiten erweitert²². Das Topic „Magdeburg“ könnte hier eine Occurrence in Form

²¹ Zur technischen Realisierung wird an dieser Stelle auf (Widhalm/Mück (2002), S. 10ff.) sowie (Smolnik (2006), S. 52ff.) verwiesen.

²² Occurrences werden hier durch Dokumentensymbole abgebildet. Die Verknüpfungen zum Topic werden durch gestrichelte Linien dargestellt. Das Rechteck symbolisiert die Trennung zwischen der eigentlichen Topic Map und den als Occurrence zugewiesenen Informationsobjekten.

einer Straßenkarte im Internet haben. In diesem Fall könnte die Occurrence Role beispielsweise mit „Karte“ bezeichnet werden.



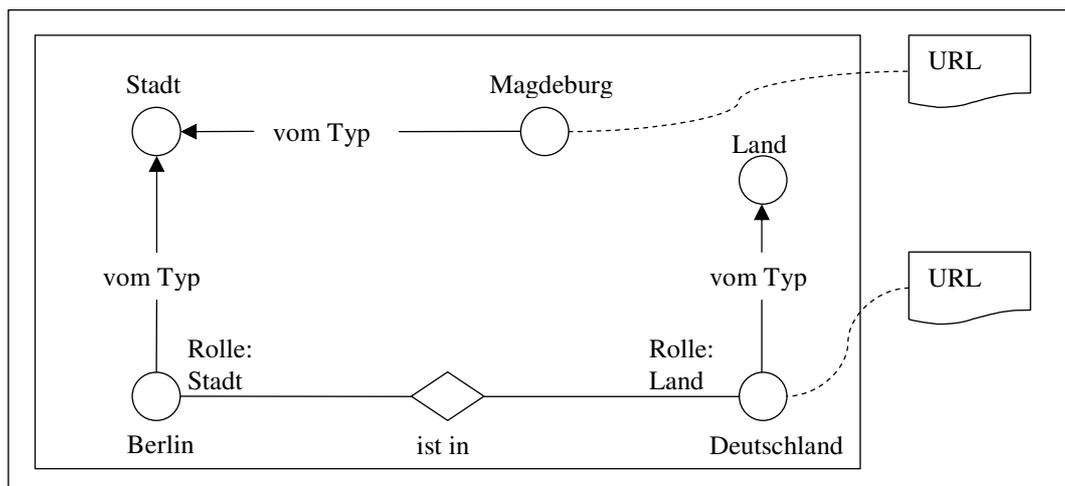
Quelle: In Anlehnung an Widhalm/Mück (2002), S. 10

Abb. 4.2 Erweiterung der Topic Map um Topic Occurrences

4.2.4 Topic Associations, Association Types und Association Roles

Durch Topic Associations werden Verbindungen „zwischen zwei oder mehr Topics“ (Smolnik (2006), S. 53) ermöglicht. Die Topics können somit in ein Netz von Assoziationen eingebunden werden (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 2). Abb. 4.3 zeigt die erweiterte Topic Map des vorangegangenen Kapitels. In diesem Beispiel verbindet die Topic Association „ist in“ die Topics „Berlin“ und „Deutschland“.²³

²³ Topic Associations werden als Rauten abgebildet, wobei deren Beschriftung den Assoziationstyp darstellt. Die Rauten sind durch ungerichtete Kanten mit den teilnehmenden Topics verbunden, die mit der Kennzeichnung von Assoziationsrollen versehen sein können.



Quelle: In Anlehnung an Widhalm/Mück (2002), S. 12

Abb. 4.3 Erweiterung der Topic Map um Topic Associations und Association Roles

Das Konstrukt der Association Types dient der Klassifizierung der Topic Associations. Dadurch wird „die Gruppierung aller Topics, welche die gleiche Beziehung zu einem beliebigen Topic haben“ (Smolnik (2006), S. 54) ermöglicht. Jede Topic Association kann dabei höchstens einen Association Type aufweisen, welcher selbst wieder ein eigenes Topic verkörpert (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 11). In Abb. 4.3 besitzt die Topic Association zwischen „Berlin“ und „Deutschland“ den Topic Type „ist in“.²⁴

Ein Topic, das an einer Assoziation teilnimmt, kann eine Association Role (Assoziationsrolle) besitzen (vgl. Widhalm/Mück, S. 13). Jede Association Role ist abermals als Topic zu deklarieren (vgl. Pepper (2000), S. 11) und spezifiziert, welche Rolle das Topic in der Assoziation spielt. In Abb. 4.3 nimmt das Topic „Berlin“ die Rolle „Stadt“ und das Topic „Deutschland“ die Rolle „Land“ ein.

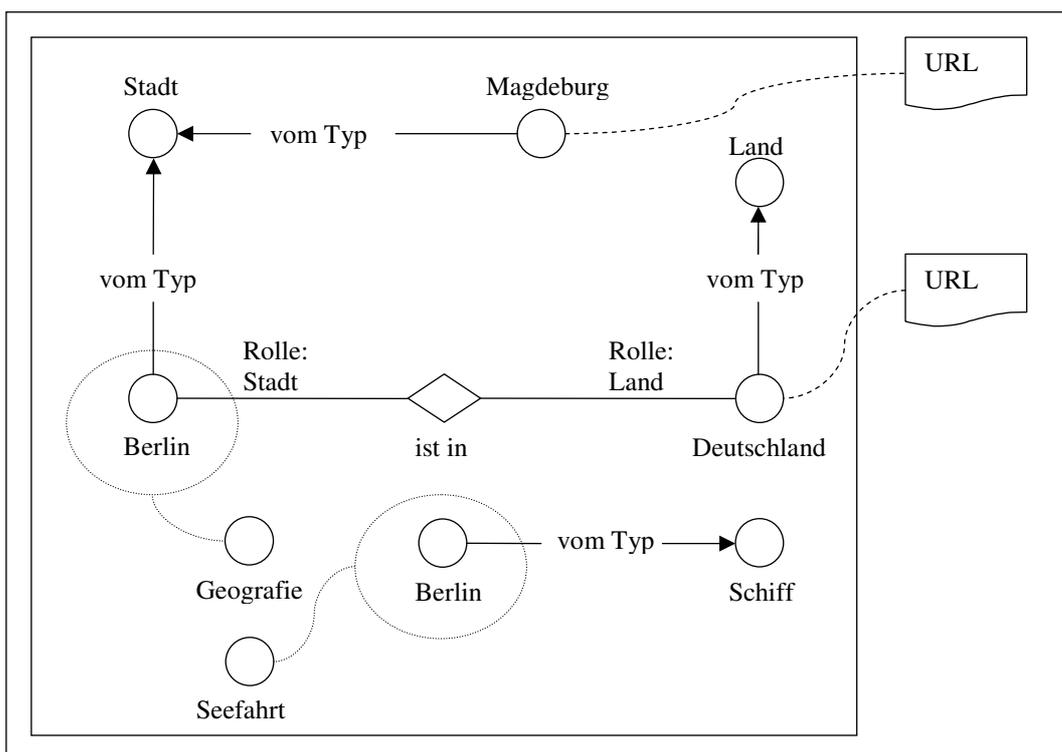
4.2.5 Scopes, Themes und Facets

Beim Erstellen von Topic Maps kann das Problem auftreten, dass Topics den gleichen Namen haben, aber auf unterschiedliche Identitäten verweisen, somit also verschiedene Subjekte darstellen, die jedoch den gleichen Namen tragen. Die Bezeichnung „Berlin“ könnte zum einen für die Hauptstadt von Deutschland stehen, andererseits jedoch auch für ein Kreuzfahrtschiff (vgl. Wikipedia (2008a)) oder eine Stadt im Bundesstaat Wisconsin der USA (vgl. Berlin Wisconsin 2008)). „Zur Lösung dieses Problems beinhaltet der Topic Maps Standard das Konzept der *Gültigkeitsbereiche* oder *Scopes*. Topics können so Gültigkeitsbereichen zugeteilt werden und sind dort

²⁴ Der Vollständigkeit halber müsste laut Standard in Abb. 4.3. der Association Type „ist in“ auch als eigenständiges Topic dargestellt werden. Hierauf wurde zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

einmalig“ (Widhalm/Mück (2002), S. 13). Ein solcher Scope setzt sich aus einem oder mehreren Topics zusammen, die bestimmen, in welchem Kontext die Topic Characteristics gültig sind (vgl. Pepper/Gronmo (2002)). Ein solches Topic, das zu der Menge der Topics gehört, die einen Scope definieren, wird als Theme bezeichnet (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 13; Pepper/Gronmo (2002)).

In Abb. 4.4 wurde die bisherige Topic Map um die Scopes „Geografie“ und „Seefahrt“ erweitert. Dabei wurde dem Topic „Berlin“ der Scope „Geografie“ zugeordnet, um die deutsche Hauptstadt darzustellen. Der Scope „Geographie“ besteht hier nur aus dem einen Theme „Geographie“, welches laut Standard auch ein Topic sein muss. Der Scope „Seefahrt“ wurde einem weiteren Topic names „Berlin“ hinzugefügt, um ein bekanntes deutsches Kreuzfahrtschiff darzustellen (vgl. Wikipedia (2008a)) und von der Stadt Berlin zu unterscheiden. Ein fiktiver Scope „Geographie Europa“ würde aus den zwei Themes „Geographie“ und „Europa“ bestehen und könnte dazu verwendet werden, um das deutsche Berlin von anderen gleichnamigen Städten z.B. in den USA abzugrenzen (vgl. Berlin Wisconsin 2008).



Quelle: In Anlehnung an Widhalm/Mück (2002), S. 14

Abb. 4.4 Erweiterung der Topic Map um Scopes

Facets oder *Facetten* ermöglichen es beliebigen Informationsobjekten Eigenschafts-Wert Paare zuzuordnen vgl. (Pepper (2000), S. 12f). So könnte im obigen Beispiel dem

Topic „Berlin“ die Eigenschaft „Einwohnerzahl“ mit dem Wert „3,4 Millionen“ hinzugefügt werden. Dabei können Facets neben Topics auch Assoziationen sowie anderen Facets beigefügt werden (Widhalm/Mück (2002), S. 14). So könnte das soeben erstellte Facet durch eine weitere Eigenschaft „Jahr“ mit dem Wert „2008“ näher spezifiziert werden.²⁵

4.2.6 Topic Maps und Topic Map Templates

Topic Maps fassen die bisher eingeführten Konstrukte zusammen. Auch eine gesamte Topic Map kann einem Scope zugeordnet sein, so dass dessen Themen dann für alle enthaltenen Elemente gültig sind. *Topic Map Templates* sind selbst Topic Maps „... die die wichtigsten und am häufigsten gebrauchten Topics beinhalten [...] und in anderen Topics eingebunden werden...“ (Widhalm/Mück (2002), S. 15). Die Topics eines solchen Topic Map Templates dienen dann in anderen Topic Maps als Typen für Topics, Topic Associations, Association Roles und Topic Occurrences (vgl. Smolnik (2006), S. 56). Als mögliches Geschäftsfeld sind Topic Map Templates für spezielle Anwendungsfelder, Wissensgebiete und Geschäftsbereiche denkbar (vgl. (Widhalm/Mück (2002), S. 15).

²⁵ Auf eine Visualisierung der Facets wird an dieser Stelle verzichtet.

5 Erstellung von Topic Maps im Kontext der Stoff- und Energiebilanzierung

In diesem Kapitel wird für beide in Kap. 3 untersuchten Ansätze der Stoff- und Energiebilanzierung jeweils ein semantisches Netz in Form einer Topic Map erstellt. Zunächst wird dabei das grundsätzliche Vorgehen beschrieben.

5.1 Konventionen für die Erstellung der Topic Maps

„Ein Topic ist ein elementares Subjekt im Kontext des modellierten Wissens, eine Entität“ (Widhalm/Mück (2002), S. 6). Somit kann ein Topic nahezu alles im weitesten Sinne Beschreibbares repräsentieren. Grundsätzlich werden alle in Kap. 4 identifizierten semantischen Komponenten als Topics angelegt und zunächst mit einem Base-Name beschrieben. Eine weitergehende Differenzierung von Topics wird durch Zuweisen von Topic Typen erreicht (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 7).

Beziehungen zwischen den semantischen Elementen werden als Assoziationen dargestellt. Die Bezeichnung der Beziehung wird durch einen Assoziationstyp angelegt. Konstrukte, die nur der technischen Realisierung einer Zuordnung dienen, wie z.B. IDs in einem Datenbankschema brauchen in der Topic Map nicht berücksichtigt zu werden, da die Zuordnung von Topics einfach durch eine Assoziation ausgedrückt werden kann. Weitere Zusammenhänge zwischen den Topics, die an der Beziehung teilnehmen, werden mit Hilfe von Assoziationsrollen näher spezifiziert (vgl. Smolnik (2006), S. 54).

Datentypen

Datentypen können als Topics angelegt werden und später durch eine „ist vom Typ“-Beziehung den jeweiligen Topics zugeordnet werden. So könnte man beispielsweise das Topic „Datum“, bestehend aus den Topics „Tag“, „Monat“ und „Jahr“, anlegen und dem Topic „Letztes Aktualisierungsdatum“ als Datentyp durch die Beziehung „ist vom Typ“ zuweisen.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ein Topic immer nur von einem Topic-Typ sein kann, wodurch Hierarchien dargestellt werden können. Daher könnte eine Datentyp-Zuweisung auch durch eine „hat Datentyp“ – Beziehung realisiert werden, um den Topic-Typ für andere semantische Zuordnungen nutzen zu können. Grundsätzlich wird zugunsten der Übersichtlichkeit des Netzes auf eine generelle Angabe von Datentypen für jedes Topic verzichtet.

Berechnungen

Berechnungen können intuitiv als Assoziationstyp angelegt werden. So kann eine Assoziation „Addition“ die Rollen „Summand1“, „Summand2“ sowie „Summe“ enthalten, denen im Folgenden Topics zugewiesen werden können. Alternativ könnte ein Topic, das eine Summe darstellt, auch mittels mehreren „wird addiert zu“ Assoziationen mit mehreren Topics verbunden werden, die als Summanden fungieren.

Kardinalitäten

Da Kardinalitäten im Topic Map Modell nicht explizit berücksichtigt werden, müssten diese bei der Erstellung des Netzes gesondert einbezogen werden. Dabei müssten Topics als optional oder obligatorisch und einfach oder mehrfach vorkommend dargestellt werden können. Dazu wurden folgende Überlegungen angestellt und exemplarisch in den Topic Maps umgesetzt:

- Konkretisierung der Assoziationstypen: Hierbei würden die Bezeichnungen der Assoziationen spezialisiert, so dass sich beispielsweise für eine „ist Teil von“ Beziehung mit den Rollen „Teil“ und „Ganzes“ vier Assoziationstypen ergeben: „ist optionaler mehrfach vorkommender Teil von“ (0ln - Kardinalität), „ist obligatorischer mehrfach vorkommender Teil von“ (1ln-Kardinalität), „ist optionaler einmalig vorkommender Teil von“ (0l1-Kardinalität), sowie „ist obligatorischer einmalig vorkommender Teil von“ (1l1-Kardinalität). Somit müssten für jede Beziehung im Netz vier Beziehungen mit Kardinalitäten erzeugt werden, was zusätzlich zu der komplexen Assoziationsbezeichnung die Übersichtlichkeit stark einschränken würde.
- Mehrfache Assoziationen: Dabei werden zur Darstellung des minimalen und maximalen Auftretens zwei einzelne Assoziationen angelegt. So würden zwei Topics zur Darstellung der Beziehung „Teil kommt nicht oder einmal vor in“ mit den beiden Assoziationen „ist optionales Teil von“ und „ist einfach vorkommender Teil von“ verbunden werden. Dadurch würde sich die Anzahl der Beziehung im Netz verdoppeln, was sich äußerst nachteilig auf die Übersichtlichkeit auswirken würde.
- Erweiterung der Assoziation um einen weiteren Teilnehmer: Bei diesem Ansatz wird die „ist Teil von“ – Beziehung um einen weiteren Teilnehmer mit der Rolle „Häufigkeit des Teils“ erweitert. Diese Rolle wird dann durch anzulegende Kardinalitäts-Topics ausgefüllt. Dazu müssen dann vier Kardinalitäts-Ausprägungen als Topics definiert werden „0 oder 1“ „0 oder beliebig oft“ „genau einmal“ „einmal oder beliebig oft“. Als negativ ist jedoch zu bewerten, dass ein Sachverhalt zwischen zwei Topics bei dieser Vorgehensweise durch drei Objekte dargestellt wird, was die intuitive Verständlichkeit

der Beziehung vermindert und die Übersichtlichkeit beim Navigieren durch das Netz beeinträchtigt.

Es wurde ersichtlich, dass das Einbeziehen von Kardinalitäten die Übersichtlichkeit des semantischen Netzes stark einschränkt. Da das Hauptaugenmerk bei der Modellierung einer Topic Map auf den semantischen Objekten und den Beziehungen zwischen ihnen liegt, wird im weiteren Verlauf der Arbeit auf die Berücksichtigung von Kardinalitäten bei der Erstellung der Topic Maps verzichtet.

5.2 Praktische Umsetzung

Die Erstellung der Topic Maps wurde toolgestützt mit Hilfe des TM4L-Editors vorgenommen, welcher von der IIS Group an der Winston-Salem State University entwickelt wurde und auf der TM4J - Topic Map Engine basiert (vgl. Dicheva/Dichev (2006); NSDL (2008)). TM4L ermöglicht das Erstellen, Verwalten, und Explorieren von Topic Maps, basierend auf dem XTM-Standard (vgl. Winston-Salem (2008)). Die Software wurde ursprünglich für den Einsatz in E-Learning Umgebungen und das Verwalten von digitalen Lehrinhalten entwickelt, kann jedoch für jede Art von Topic Maps eingesetzt werden (vgl. Dicheva/Dichev (2006), S. 2f.). Der Editor wurde aufgrund seiner Anwendungsfreundlichkeit sowie weiterer Besonderheiten ausgewählt, die für die Erstellung von Topic Maps für die Stoff- und Energiebilanzierung hilfreich sind. So können alle Elemente der Topic Map automatisiert angelegt werden, ohne direkt in den XML-Quelltext eingreifen zu müssen. Abb. 5.1 zeigt die Oberfläche des TM4L-Editors beim Erstellen eines Topics.

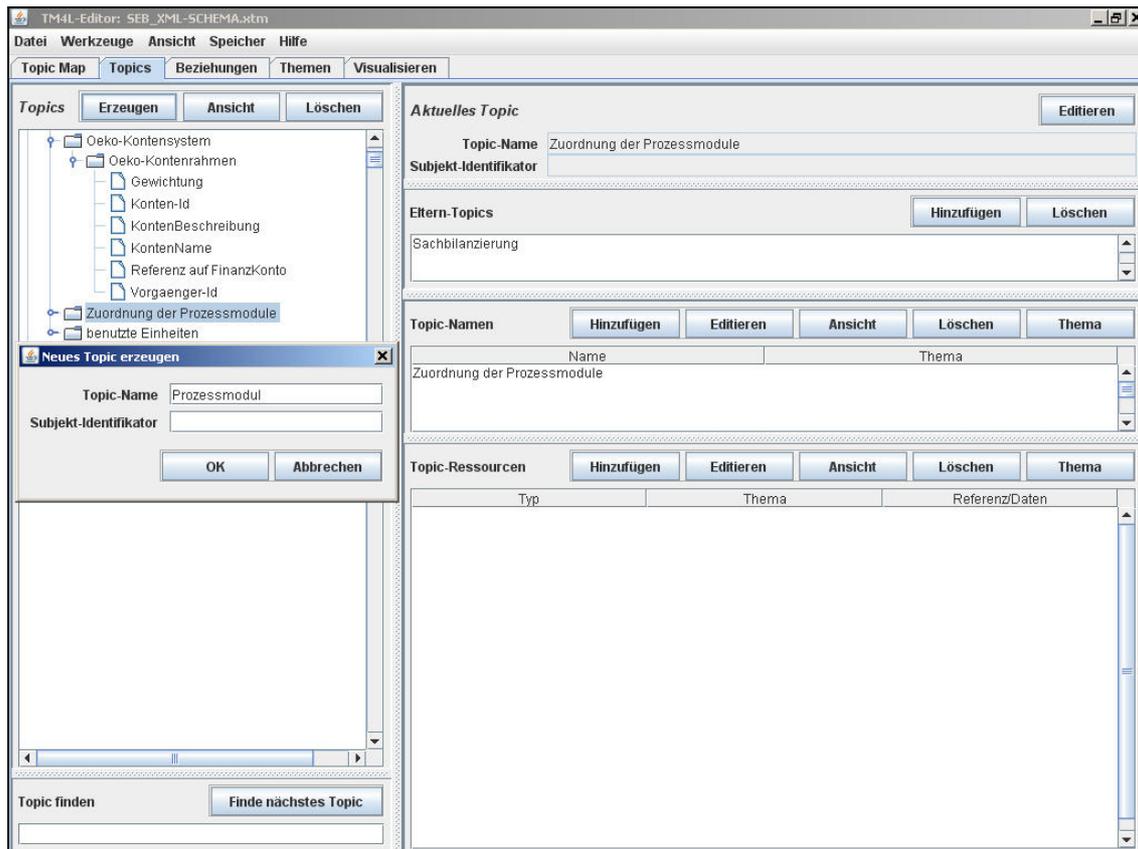


Abb. 5.1 Oberfläche des TM4L-Editors

Weiterhin bietet die Software folgende vordefinierte Sichten (vgl. Winston-Salem (2008)):

- Partonomie: für Teil-Ganzes-Beziehungen
- Taxonomie: für Superklasse-Subklasse-Beziehungen
- Topic Typing: für Klasse-Instanz-Beziehungen

Über diese Sichten können Topics und angelegt werden, die automatisch durch die jeweilige Beziehung verbunden werden. Die Partonomie-Ansicht ermöglicht beispielsweise das automatisierte Anlegen von Topics, die durch eine ist-Teilvon/enthält – Beziehung verbunden sind, ohne diese Beziehungen gesondert definieren zu müssen. Dies ist von Vorteil, da sich bei der Analyse der semantischen Komponenten in Kap. 3 gezeigt hat, dass dieser Beziehungstyp sehr häufig vorkommt. Topics, die durch diese vordefinierte Beziehung verbunden sind, können in dieser Partonomie-Ansicht in einer übersichtlichen hierarchischen Baumstruktur angezeigt und

bearbeitet werden, was die Übersichtlichkeit sowie Benutzerfreundlichkeit enorm steigert (vgl. vgl. Dicheva/Dichev (2006)).

Der TM4L-Editor erzeugt Topic Maps, die konform zum XTM 1.0 – Standard sind (vgl. Dicheva/Dichev (2006)). Diese können dadurch mit Tools zur Visualisierung von Topic Maps geladen und dargestellt werden. Dabei kann entlang der Topics die Wissensdomäne in beliebige Richtungen untersucht und Zusammenhänge identifiziert werden. In dieser Arbeit wurden zur besseren Veranschaulichung Screenshots mit Hilfe des Programmes Vizigator der Firma Ontopia erstellt (vgl. Ontopia (2008))²⁶. Abb. 5.2 zeigt exemplarisch die Elemente der Stoff- und Energiebilanzierung (SEB) als Topics in Vizigator, wobei die einzelnen Elemente Teil der SEB sind. Abgerundete Rechtecke repräsentieren Topics. Rote Quadrate mit weißen Ziffern geben die Anzahl der nicht visualisierten Beziehungen an, die das Topic zu anderen Topics hat. Kanten stellen die Assoziationen zwischen den Topics dar, wobei unterschiedliche Assoziationstypen durch verschieden Farben visualisiert werden.

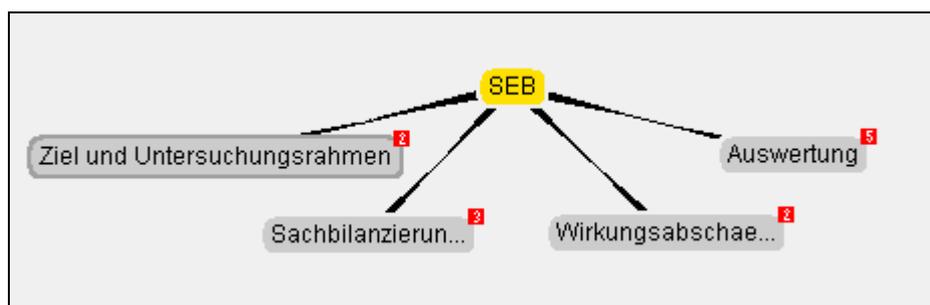


Abb. 5.2 Visualisierung von Topic Maps in Vizigator

5.3 Erstellung einer Topic Map für den Ansatz der EML mit dem Anwendungssystem ACCOUNT

Die Topic Map für den EML-ACCOUNT Ansatz wird anhand der in Kap. 3.1 vorgestellten semantischen Komponenten entwickelt. Es entstand dabei eine Topic Map mit mehr als 200 Topics und mehr als 260 Assoziationen. Aufgrund des Umfanges des Netzes werden zur Veranschaulichung innerhalb der folgenden Abschnitte nur ausgewählte Ausschnitte des Netzes betrachtet. Dabei wird nach dem Top-Down Ansatz vorgegangen und somit vom allgemeinen zum Speziellen hin erläutert

²⁶ Das Tool Vizigator ist dabei Bestandteil einer Toolsammlung für Topic Maps, die als OKS-Samplers bezeichnet wird. Für eine genaue Beschreibung der Funktionalität von Vizigate wird hier auf Ontopia (2008) verwiesen.

5.3.1 Grobstruktur

Die Topic Map wird ausgehend von einem Topic „SEB“ (Stoff- und Energiebilanzierung) entwickelt. Dieses enthält entsprechend der in Kap. 3.1 analysierten Struktur den „Ziel- und Untersuchungsrahmen“, die „Sachbilanzierung“, „Wirkungsabschätzung“ sowie die „Auswertung“. Diese Topics sind über eine „ist Teil von“-Assoziation mit den Rollen „Teil“ und „Gesamtheit“ mit dem Haupttopic „SEB“ verbunden. Die Grobstruktur wird in Abb. 5.2 als Beispiel der Visualisierung mit Vizigate dargestellt. An dieser Stelle wird als Beispiel ein Topic „SEB“ im Quelltext angegeben, wie es vom TM4L-Editor angelegt wird:

```
<topic id="x1pg1gh2p3-36">
  <baseName>
    <baseNameString>SEB</baseNameString>
  </baseName>
</topic>
```

Die id wird dabei vom Editor selbständig erzeugt und ist Grundlage für die Referenzierung des Topics z.B. in Assoziationen. Der Name wird als baseNameString abgelegt.

5.3.2 Typisierung von Topics

Da das Anwendungssystem ACCOUNT an der betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung ausgerichtet ist, wird eine Unterteilung in Stammdaten, Bewegungsdaten und Metadaten vorgenommen. Stammdaten sind in diesem Sinne feste Daten, die sich über einen längeren Zeitraum nicht ändern, wogegen die Bewegungsdaten in betrieblichen Leistungsprozessen immer wieder neu entstehen (vgl. Hansen (1996) S. 9). Stammdaten dienen dabei der Identifizierung und Charakterisierung von Sachverhalten und enthalten beispielsweise Angaben wie Name, Id etc. Bewegungsdaten sind beispielsweise Buchungsmengen und Buchungswerte. Metadaten sind Daten über Daten und wurden bereits in Kapitel 2.3 eingeführt. Topics werden dabei mit Hilfe des Topic-Typs als Stamm- Bewegungs- oder Metadaten ausgewiesen und bilden somit eine erste Charakterisierung. Die Typisierung der Topics nach Stammdaten, Bewegungsdaten sowie Metadaten wird grundsätzlich über eine „ist vom Typ“-Assoziation mit den Rollen „Klasse“ und „Instanz“ durchgeführt.²⁷ Abb. 5.3 zeigt dieses Vorgehen exemplarisch an den Beispiel-Totics „Metadatennummer“ als

²⁷ Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden Assoziation zur Typisierung von Topics ausgeblendet. Eine entsprechende Unterscheidung ist durch die unterschiedliche Farbgebung gewährleistet.

Metadaten, „Menge Flussartenbuchung“ als Bewegungsdaten und „FlussartName“ als Stammdaten.

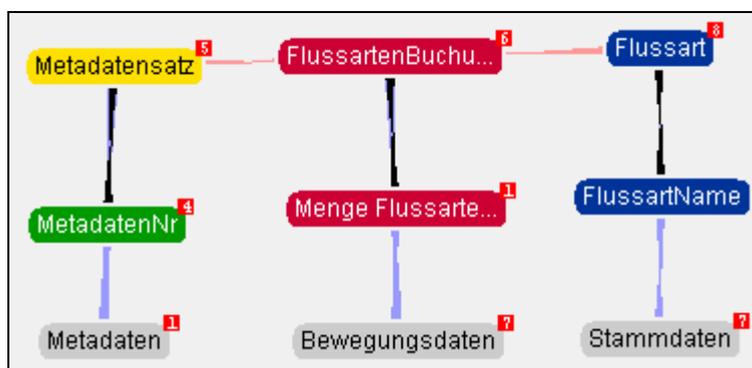


Abb. 5.3 Beispiel für Topic-Typisierung

Die hier vorgestellte Färbung der Topics und Assoziationen soll im weiteren Verlauf der Arbeit beibehalten werden. Topics vom Typ Metadaten werden somit grün, Bewegungsdaten rot und Stammdaten blau dargestellt. Beziehung vom Typ „ist Teil von“ werden schwarz, „ist zugeordnet zu“ rosa, „ist vom Typ“ hellblau dargestellt.

Assoziationen werden dabei im Quelltext wie folgt XTM-konform angelegt:

```
<topic id="x1pg1gh2p3-16">
  <baseName>
    <baseNameString>Gesamtheit/Teil</baseNameString>
  </baseName>
  <baseName>
    <scope>
      <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-18" />
    </scope>
    <baseNameString>enthält</baseNameString>
  </baseName>
  <baseName>
    <scope>
      <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-1b" />
    </scope>
    <baseNameString>ist Teil von</baseNameString>
  </baseName>
</topic>
```

Die Assoziation wird dabei zunächst, wie alle Elemente einer Topic Map, als Topic mit einem BaseName (hier Gesamtheit/Teil) angelegt. Weiterhin wird der BaseName durch

scope-Elemente weiter spezifiziert, d.h. wird die Assoziation aus dem Blickwinkel der Gesamtheit gesehen, so wird sie als „enthält“ bezeichnet, wobei die Referenzierung innerhalb des ersten scope-Elementes auf das Topic „Gesamtheit“ verweist. Vom enthaltenen Teil aus gesehen, wird die Assoziation als „ist Teil von“ bezeichnet, wobei die Referenz innerhalb des zweiten Scope-Elementes auf das Topic „Teil“ verweist. Der Einsatz des „scope“-Elementes zum Unterscheiden, wann welcher Name eines Topics zum Einsatz kommt, wird ausführlich in Pepper/Gronmo (2002) erläutert (vgl. Pepper/Gronmo (2002)). Mit der hier gezeigten Topic-Definition wurde der Assoziationstyp festgelegt, von dem jetzt Instanzen angelegt werden können:

```
<association>
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-16" />
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-1b" />
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-f2" />
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-18" />
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#x1pg1gh2p3-36" />
  </member>
</association>
```

Die Assoziation wird innerhalb des instance-of-Elementes als Instanz des „Gesamtheit/Teil“-Topics definiert. Im ersten member-Element wird als Teilnehmerrolle das Topic „Teil“ referenziert. Als Teilnehmer wird auf das Topic „Stammdaten“ verwiesen. Analog dazu wird im zweiten member-Element als Teilnehmerrolle auf das Topic „Gesamtheit“ verwiesen. Als Teilnehmer wird das Topic „SEB“ referenziert. Somit sagt diese Assoziation aus, dass die Stammdaten Teil der Stoff- und Energiebilanzierung sind bzw. dass die Stoff- und Energiebilanzierung die Stammdaten enthält. Auf die hier gezeigte Weise werden alle Assoziationen innerhalb des Quelltextes angelegt. Durch die automatischen IDs und Referenzierungen wirkt dieser etwas unübersichtlich, was bei komplexen Topic Maps jedoch auch mit eigenständig

gewählten IDs kaum zu vermeiden ist. Weiterhin wird durch die standardisierte Vorgehensweise die Korrektheit gewährleistet.

5.3.3 Ziel- und Untersuchungsrahmen

Das Anwendungssystem ACCOUNT enthält wie bereits beschrieben keine eigenen Definitionen zur Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens. Für diese Belange wird die EML in die Topic Map integriert. Auf die Metadaten der EML kann dann von erforderlichen Positionen der Topic Map verwiesen werden. Die Elemente der EML wurden als Topics erstellt und unter dem Topic „Metadaten der EML“ zusammengefasst. Die in Kap. 3.1.1 beschriebene Strukturierung der EML-Elemente wurde mit Assoziationen vom Typ „ist Teil von“ umgesetzt und enthält innerhalb der ersten Ebene die Topics „Zeitlicher Bezug“, „Räumlicher Bezug“, „Datensatzinformationen“, „Datenquelleninformationen“, „Verantwortlichkeiten“ sowie „Indizierungsinformationen“, was in Abb. 5.4 dargestellt wird.²⁸

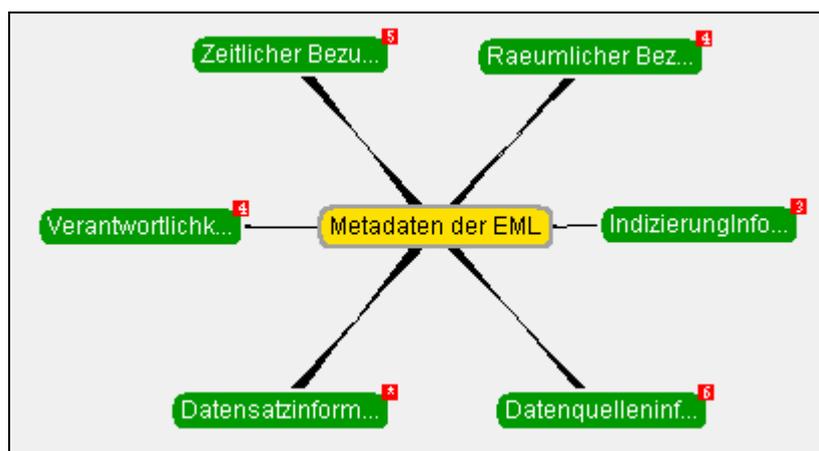


Abb. 5.4 Metadaten der EML innerhalb der ACCOUNT Topic Map

5.3.4 Sachbilanzierung

Die Sachbilanzierung wurde als gleichnamiges Topic als Teil der Stoff- und Energiebilanzierung erstellt und enthält die drei bereits in Kap. 3.1.3 vorgestellten Teilrechnungen Flussarten- Flussstellen- und Flussträgerrechnung. Abb. 5.5. stellt exemplarisch die in der Flussartenrechnung dar.²⁹

²⁸ Die Elemente der tieferen Ebenen wurden entsprechend der Struktur in Kap 3.1.1 und werden hier nicht nochmals dargestellt.

²⁹ In den folgenden Screenshots wurden Topics ausgeblendet, die keinen entscheidenden Einfluss auf die erläuterten Sachverhalte haben und somit nur die Übersichtlichkeit eingeschränkt hätten.

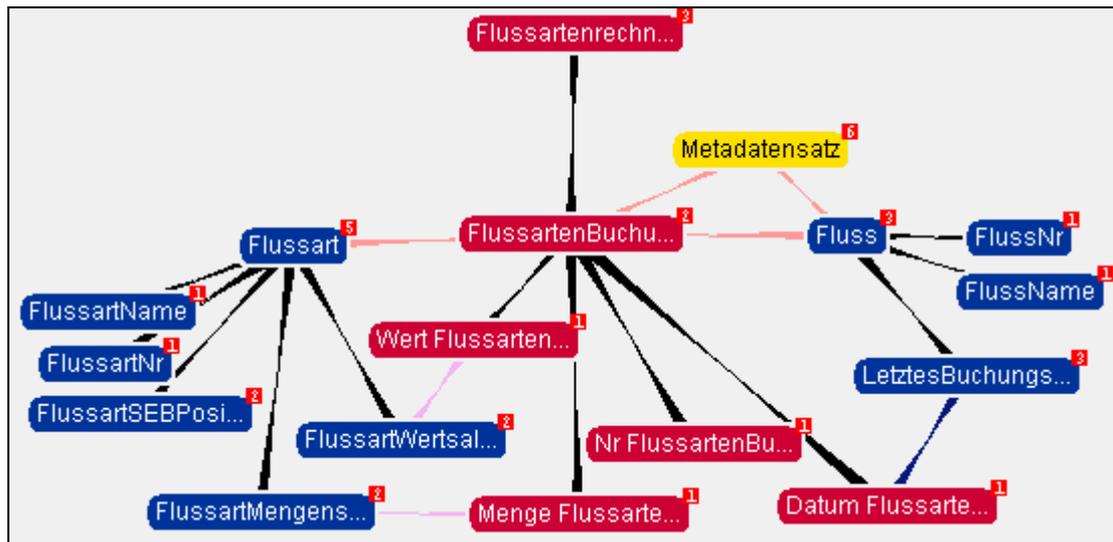


Abb. 5.5 Flussartenrechnung innerhalb der ACCOUNT Topic Map

Das Topic Flussartenrechnung enthält dabei Flussartenbuchungen. Eine Flussartenbuchung stellt dabei das zentrale Topic zur Verbindung von Flüssen, Flussarten und Metadaten her. Das Topic „FlussartenBuchung“ ist dazu über „ist zugeordnet zu“-Assoziationen mit den Topics „Flussart“, „Fluss“ sowie „Metadatensatz“ verbunden (blau eingefärbt). Blau eingefärbte Topics wie „Flussart“ und „Fluss“ stellen dabei Stammdaten dar. Das Topic „Flussart“ enthält weitere Stammdaten-Topics zur Angabe von Namen, Nr, Stoff-/Energiebilanzposition sowie Mengen- und Wertsaldo. Das Topic „Fluss“ enthält Stammdaten-Topics zur Angabe von Name, Nummer und letztem Buchungsdatum des Flusses. Die Flussartenrechnung wird durch das Topic „Flussartenbuchung“ durchgeführt. Hier werden die als Stammdaten erfassten Flüsse mit den Bewegungsdaten „Wert“, „Menge“, „Nr“ sowie „Datum“ bebucht. Die Bewegungsdaten Buchungswert und –menge werden den Wert- bzw. Mengensaldo der Flussart hinzugerechnet. Die entsprechenden Topics sind zu diesem Zweck mit einer „wird addiert zu“-Assoziation verbunden (pink eingefärbte Assoziationen). Das Topic „Letztes Buchungsdatum“ durch eine „wird aktualisiert von“-Verbindung mit dem „Buchungsdatum“ der Flussartenbuchung verbunden.

Die Flussstellen- und Flussträgerrechnung wurde in gleicher Vorgehensweise jeweils durch Flussstelle- bzw. Flussartbuchungen erzeugt. Die Einordnung der Flussarten, Flussstellen und Flussträger in den Öko-Kontenrahmen wird beispielhaft für die Flussstellen in Abb. 5.6. gezeigt.

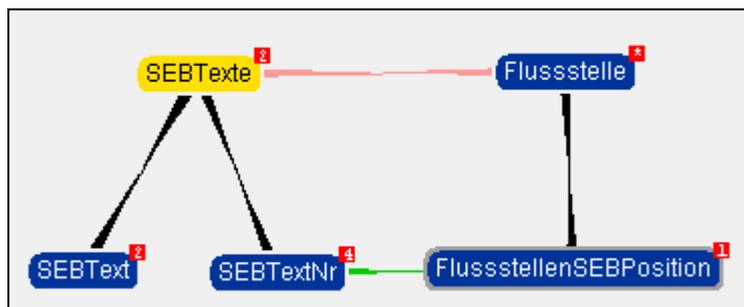


Abb. 5.6 Einordnung von Flussstellen in den Kontenrahmen innerhalb der ACCOUNT Topic Map

Der Öko-Kontenrahmen wird in diesem Ansatz indirekt durch Stoff- und Energiebilanztexte modelliert. Diese entsprechen jeweils einer Gliederungsebene des Kontenrahmens und bestehen aus einer Nr (SEBTextNr) und einer Bezeichnung (SEBText). Die Positionierung der Flussstelle erfolgt über ein Topic „FlussstellenSEBPosition“, welches auf die SEBTextNr verweist. In gleicher Weise wird die Einordnung der Flussarten und Flusträger durchgeführt. Die Zuordnung von Metadatennummern zu den Buchungssätzen der Teilrechnungen wird in Abb. 5.7. am Beispiel der Flusträgerrechnung veranschaulicht.

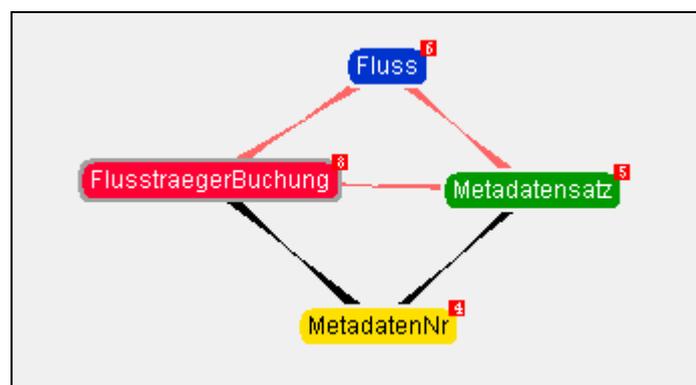


Abb. 5.7 Metadaten der ACCOUNT Topic Map

Grundsätzlich ist ein Fluss einer Buchung (hier Flusträgerbuchung), und einem Metadatensatz zugeordnet. Die rot gefärbten Kanten verkörpern dabei eine „ist zugeordnet zu“ – Assoziation. Ein Fluss verweist somit auf ein Set von Metadaten, das für diesen Fluss gültig ist. Jede Buchung (hier Flusträgerbuchung) ist über ein „MetadatenNr“ – Topic einem Metadatensatz zugeordnet. Somit entspricht ein Metadatensatz einer eindeutigen Zuordnung eines Flusses auf eine Teilrechnung der Sachbilanzierung, was durch die Metadatennummer eindeutig ausgedrückt wird (vgl. Arndt (2002), S. 192).

5.3.5 Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung wurde, wie in Kap. 3.1.4 beschrieben, mit darin enthaltenen Buchungen umgesetzt (siehe Abb. 5.8). Eine Wirkungsabschätzungsbuchung (WABuchung) ist dabei einem Metadatensatz und einer Wirkungskategorie zugeordnet. Eine Wirkungsabschätzungsbuchung enthält Bewegungsdaten-Topics zu Nummer, Datum, Menge, Charakterisierungsfaktor, Ergebnis sowie Raumbezug der Buchung. Eine Wirkungskategorie enthält Stammdaten-Topics zu Name, Nummer sowie Wirkungsindikatorergebnis. Die Wirkungsabschätzungsbuchung stellt dabei die Verbindung zwischen Flussart, Wirkungskategorie sowie Metadatensatz her.

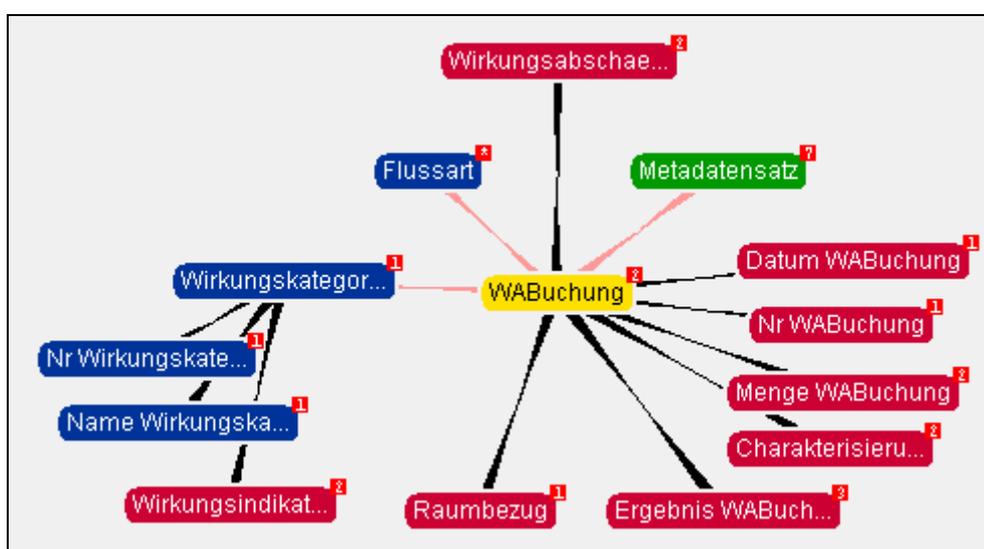


Abb. 5.8 Wirkungsabschätzung innerhalb der ACCOUNT Topic Map

Exemplarisch wird hier die Berechnung des Buchungsergebnisses als Produkt aus Buchungsmenge und Charakterisierungsfaktor veranschaulicht (siehe Abb. 5.9). Die Assoziation „Multiplikation“ verbindet die drei entsprechenden Topics „Buchungsmenge“ (Rolle „Faktor 1“), „Charakterisierungsfaktor“ (Rolle „Faktor 2“) und „Buchungsergebnis“ (Rolle „Produkt“). Das Buchungsergebnis wird wiederum dem Wirkungsindikatorergebnis durch die Assoziation „wird addiert zu“ hinzugerechnet. Das Wirkungsindikatorergebnis stellt somit die Summe aller Buchungsergebnisse dar und wird als Teil des Wirkungsindikators in den Stammdaten abgelegt.

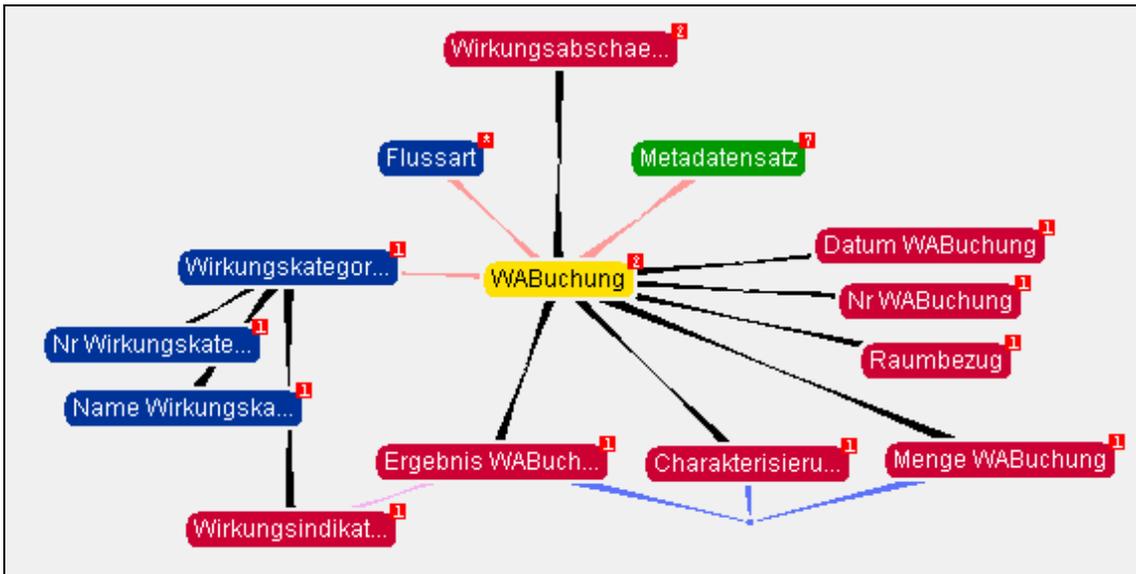


Abb. 5.9 Berechnungen in der Wirkungsabschätzung innerhalb der ACCOUNT Topic Map

5.3.6 Auswertung

Die Auswertungsphase wird in ACCOUNT durch Berichte und Umweltleistungskennzahlen unterstützt (siehe Kap. 3.1.5). Der Zusammenhang zwischen den Teilberichten und den Teilrechnungen wird in Abb. 5.10. dargestellt.

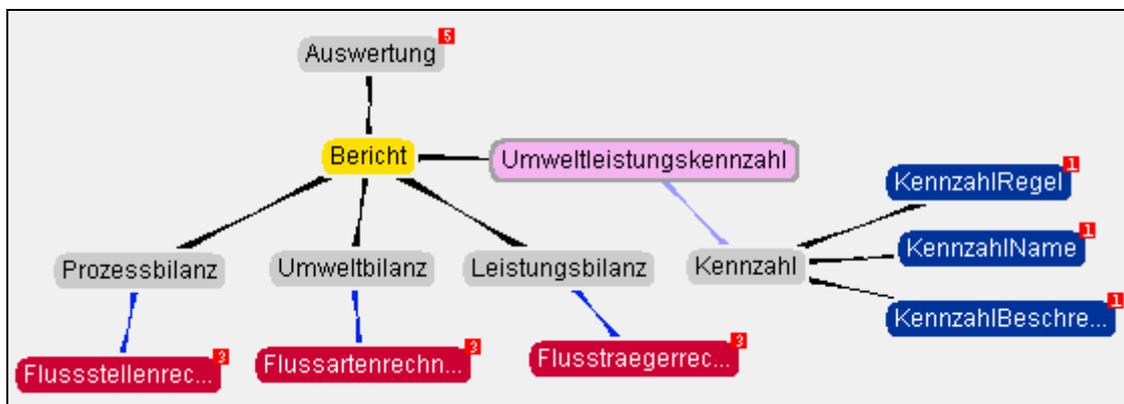


Abb. 5.10 Berichte der EML-ACCOUNT Topic Map

Der Bericht kann dabei in die Teilberichte Prozessbilanz, Umweltbilanz und Leistungsbilanz unterteilt werden. Die Prozessbilanz (Rolle „Berichtart“) ist dabei über die Assoziation „ist Auswertung von“ mit der Flussstellenrechnung (Rolle „Rechnungsart“) verbunden. Simultan dazu wurde die Umweltbilanz als Auswertung der Flussartenrechnung und die Leistungsbilanz als Ergebnis der Flussträgerrechnung angelegt. Weiterhin werden hier die Umweltleistungskennzahlen aufgelistet, die vom Typ „Kennzahl“ sind, der mit den Teilen „Bezeichnung“, „Beschreibung“ und „Berechnungsvorschrift“ angelegt wurde.

5.4 Erstellung einer Topic Map für den Ansatz des XML-Schemas auf Grundlage der Normen zur Ökobilanzierung

Im folgenden Abschnitt werden die in Kap. 3.2 analysierten semantischen Komponenten in Topics umgesetzt und zueinander mittels Assoziationen in Beziehung gesetzt. Die daraus hervorgegangene Topic Map beinhaltet ca. 200 Topics und 180 Assoziationen. Aufgrund der Dimension und Komplexität des Netzes, werden im Folgenden lediglich ausgewählte Teilbereiche zur Veranschaulichung erläutert.

Dabei wurde das semantische Netz ausgehend von einem Topic „SEB“ für die gesamte Stoff- und Energiebilanzierung entwickelt, das in die Teile „Zieldefinition“, „Untersuchungsrahmen“, „Sachbilanzierung“, „Wirkungsabschätzung“ und „Auswertung“ aufgegliedert wurde. Diese Topics sind über ein „ist Teil von“ – Beziehung mit dem Topic „SEB“ verbunden (siehe Abb. 5.11).

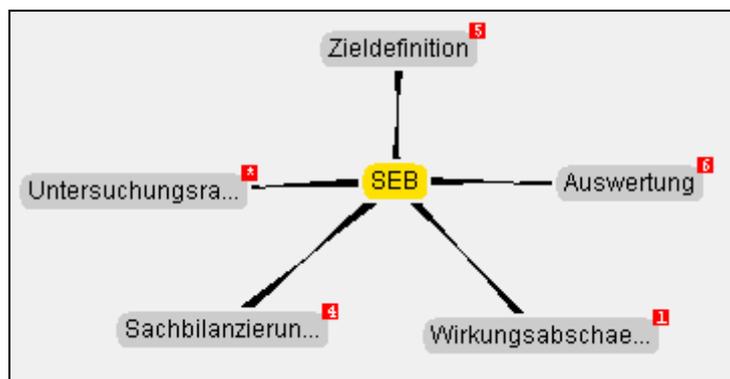


Abb. 5.11 Grobstruktur der Stoff- und Energiebilanzierung in der XML-Schema Topic Map

Im Folgenden wird die Umsetzung dieser Teile kurz eingegangen und Besonderheiten erläutert.

5.4.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Das Topic „Zieldefinition“ enthält entsprechend der untersuchten Struktur in Kap. 3.2.1 die Teile „Ziel der Studie“, „Zielgruppe“, „Gründe für die Durchführung“, „Beabsichtigte Anwendung“ sowie „Aussage zur Veröffentlichung“.

Der Untersuchungsrahmen enthält, wie in Kap. 3.2.2 ersichtlich wurde, eine Vielzahl von beschreibenden Elementen, um den Umfang der Bilanzierung zu spezifizieren bzw. das Vorgehen zu dokumentieren. Diese Elemente wurden als Topics erstellt und als Teil dem Topic „Untersuchungsrahmen“ hinzugefügt. Es wird an dieser Stelle nur auf einige Besonderheiten eingegangen.

So enthält der Untersuchungsrahmen bereits in dem Element „Systemgrenze“ eine Auflistung der Prozessmodule, die in der Untersuchung berücksichtigt wurden. Die Prozessmodule werden dabei zunächst mit beschreibenden Elementen, wie „Name“, „Id“, „Beginn“, „Ende“ und „Transformationen“ angelegt. In der späteren Sachbilanzierung erfolgt eine erneute Auflistung der Prozessmodule, wobei diesen weitere Elemente, wie die Flüsse zugeordnet werden. Da in einer Topic Map entsprechend der TNC zwei Topics nicht den gleichen Namen haben dürfen, muss das Topic „Prozessmodul“ entweder als Verschmelzung der beiden Topics aus Untersuchungsrahmen und Sachbilanzierung erstellt werden, oder die beiden Topics müssen unterschiedlich benannt werden. Die beiden Topics wurden entsprechend der TNC zu einem Topic „Prozessmodul“ zusammengeführt (siehe Abb. 5.12). Die Stammdaten „Name“, „Anfang“, „Ende“ und „Transformation“ stammen dabei aus dem Untersuchungsrahmen, wogegen Bewegungsdaten-Topics wie „Betriebsbedingungen“ und „Referenzfluss“ sowie Metadaten wie Informationen zur „Datensammlung“ aus der Sachbilanzierung entnommen sind.

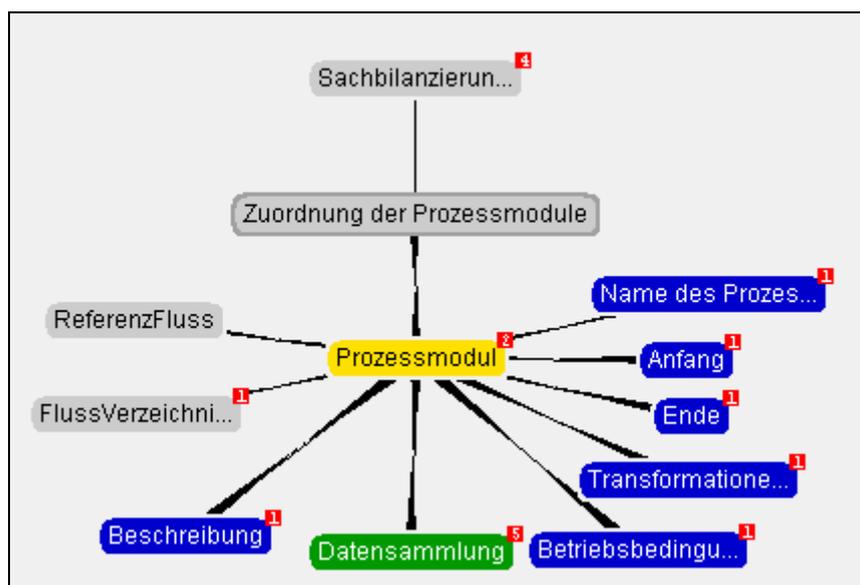


Abb. 5.12 Prozessmodul in der XML-Schema Topic Map

Weiterhin wird im Untersuchungsrahmen unter „Methode der Wirkungsabschätzung“ bereits eine Auflistung der Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen angelegt. Da auch die Topics „Wirkungskategorie“ und „Charakterisierungsmodell“ an anderer Stelle (Wirkungsabschätzung) der Topic Map erneut auftreten und weitere Daten zugeordnet bekommen, wurden diese Topics in analoger Vorgehensweise zusammengeführt. Die Topics wurden dann sowohl dem Untersuchungsrahmen wie auch der Wirkungsabschätzung durch eine „ist zugeordnet zu“-Assoziation zugeordnet.

5.4.2 Sachbilanzierung

Die in Kap. 3.2.3 untersuchten semantischen Elemente wurden als Topics erstellt und entsprechend der Struktur zueinander in Beziehung gesetzt. Den Kern der Sachbilanzierung bildet dabei die Auflistung der Prozessmodule und die Erfassung der jeweiligen Flüsse der Prozessmodule (siehe Abb. 5.13).

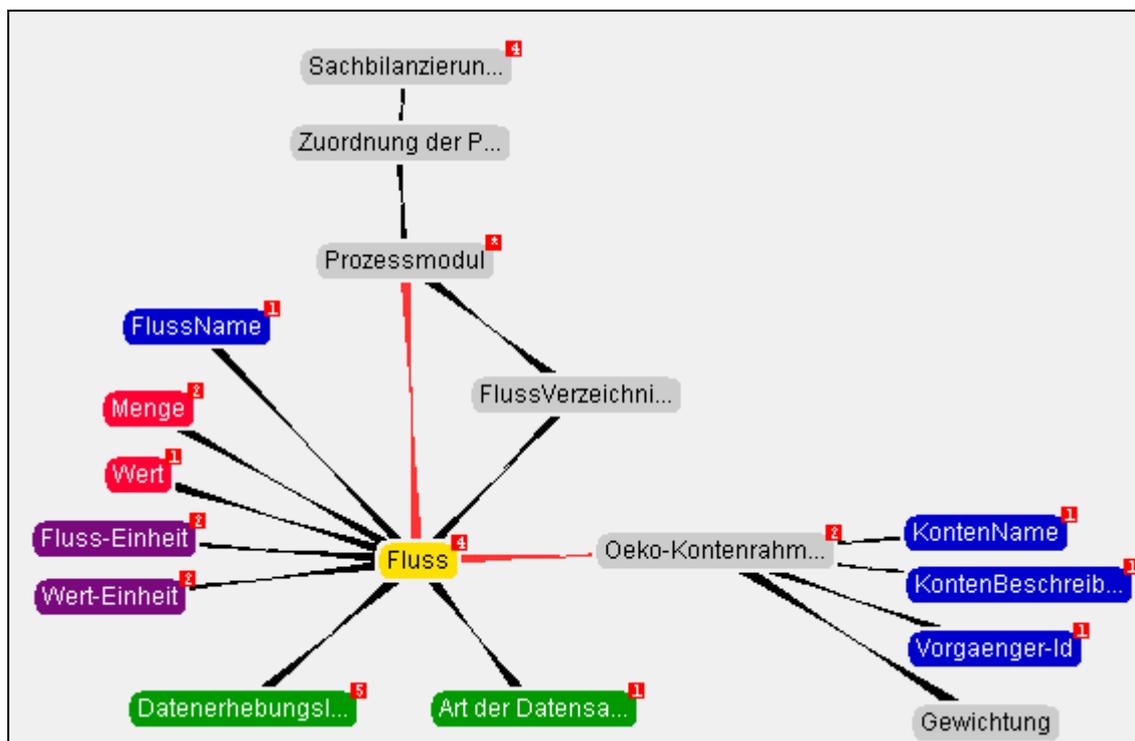


Abb. 5.13 Sachbilanzierung der XML-Schema Topic Map

Ein „Prozessmodul“ enthält ein „Flussverzeichnis“, das die Flüsse beinhaltet. Ein Fluss enthält Metadaten-Topics („Art der Datensammlung“, „Datenerhebungsinformationen“ etc.) Stammdaten-Topics („FlussName“, „Fluss-Einheit“, „Wert-Einheit“) sowie Bewegungsdaten („Menge“, „Wert“). Innerhalb der Sachbilanzierung wird ein Fluss einem Prozessmodul sowie einem Ökokontenrahmen mit einer „ist zugeordnet zu“ – Assoziation zugeordnet (rot eingefärbte Verbindungen). Ein Ökokontenrahmen enthält die Stammdaten „Kontenname“, „Kontenbeschreibung“ sowie „Vorgänger-Id“.

Innerhalb der Sachbilanzierung werden in dem Topic „benutzte Einheiten“ die benutzten Einheiten angelegt (siehe Abb. 5.14). Die jeweiligen Einheiten der Werte und Mengen werden als „Fluss-Einheit“ und „Wert-Einheit“ modelliert, die dem Topic-Typ „Einheit“ zugewiesen sind. Das Topic „Einheit“ ist wiederum vom Typ „Stammdaten“. Die Topics für Mengen und Werte sind vom Typ „Bewegungsdaten“.

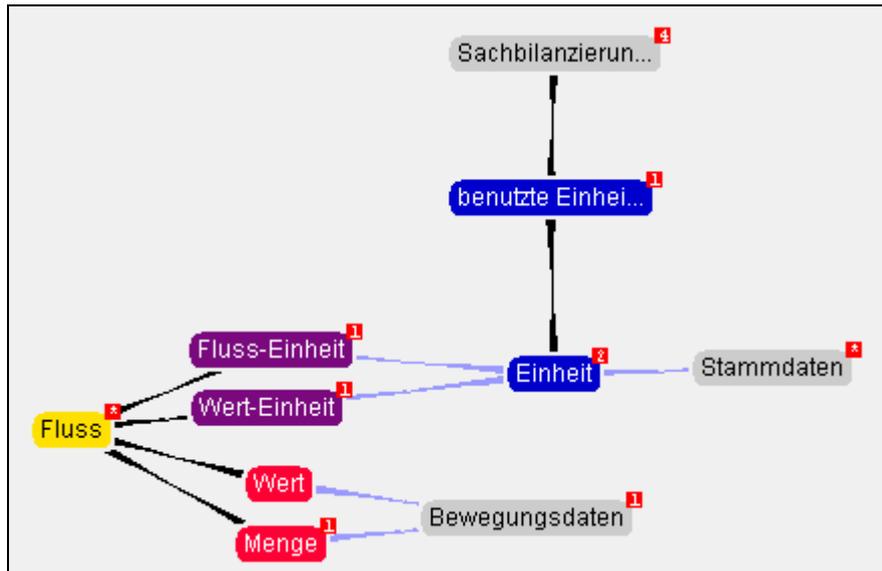


Abb. 5.14 Einheiten in der Sachbilanzierung in der XML-Schema Topic Map

5.4.3 Wirkungsabschätzung

Die Elemente der Wirkungsabschätzung des XML-Schemas wurden gemäß ihrer Struktur angelegt, wie sie in Kap. 3.2.4 analysiert wurde. Der Mittelpunkt der Wirkungsabschätzung liegt dabei in der Zuordnung der Flüsse zu den Wirkungskategorien, deren Umsetzung in Abb. 5.15 dargestellt ist. .

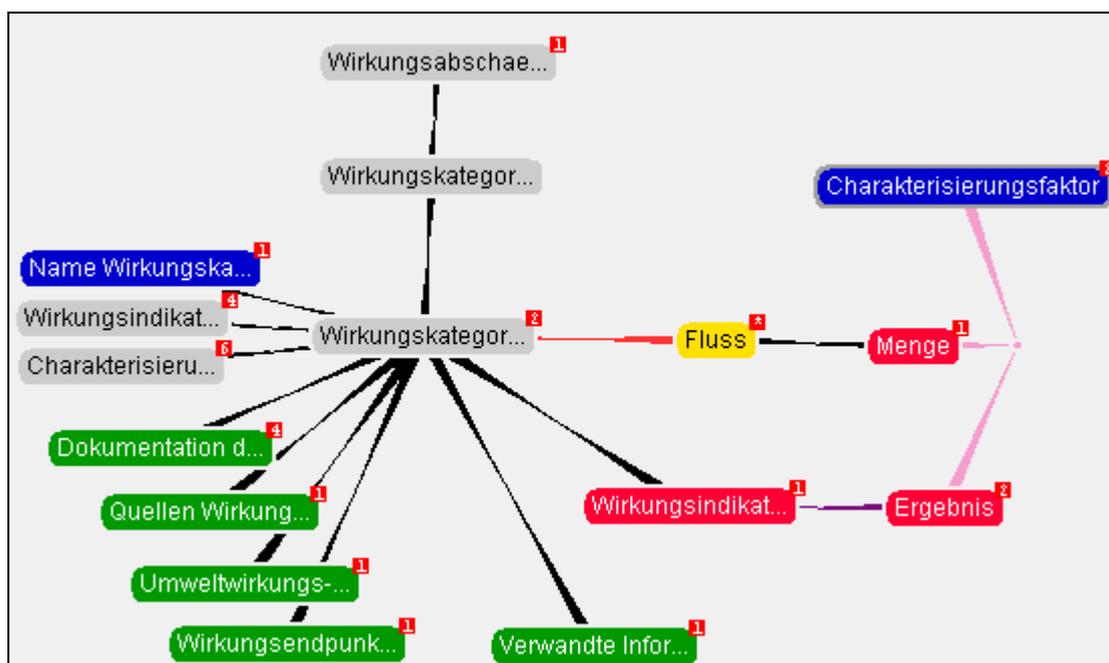


Abb. 5.15 Wirkungsabschätzung in der XML-Schema Topic Map

Eine Wirkungskategorie wurde wie bereits erwähnt aus den Elementen des Untersuchungsrahmens und der Wirkungsabschätzung verschmolzen. Die Wirkungskategorie enthält neben diversen Metadaten-Topics („Umweltwirkungsrelevanz“, „Wirkungsendpunkte“, „Dokumentation der Berechnungsverfahren“ etc. die Stammdaten „Wirkungsindikator“, „Charakterisierungsmodell“ sowie die Bewegungsdaten „Wirkungsindikatorergebnis“. Die Zuordnung der Flüsse zu den Wirkungskategorien erfolgt über eine „ist zugeordnet zu“- Assoziation. Das „Ergebnis“ Topic des Flusses wird mit Hilfe des Topics „Menge“ aus der Sachbilanzierung und des Topics „Charakterisierungsfaktor“ aus der Wirkungsabschätzung durch die Assoziation „Multiplikation“ berechnet. Das „Ergebnis“-Topic des Flusses ist wiederum über eine „wird addiert zu“-Assoziation mit dem Topic „Wirkungsindikatorergebnis“ verbunden.

5.4.4 Auswertung

Die Auswertung wurde anhand der analysierten Elemente aus Kap. 3.2.5 in der Topic Map umgesetzt. Die Auswertungsphase besteht dabei aus den Topics „Signifikante Parameter“, „Beurteilungen“, „Empfehlungen“, „Schlussfolgerungen“ sowie „Einschränkungen“ (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S.45). Die Beziehungen zwischen diesen Topics werden in Abb. 5.16 veranschaulicht.

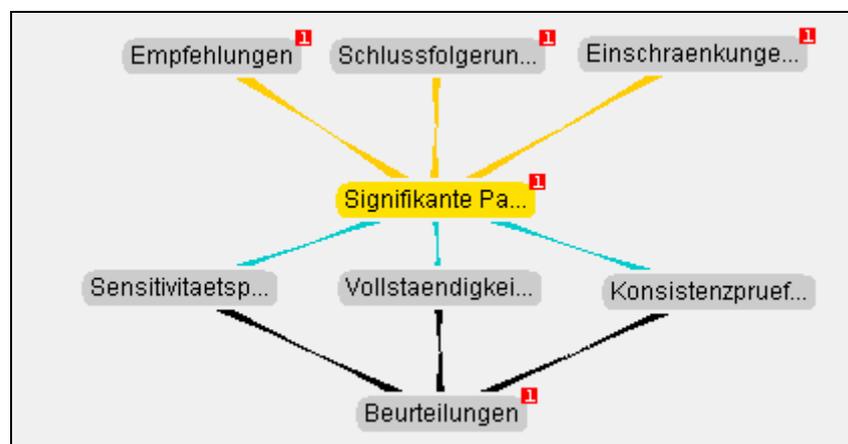


Abb. 5.16 Auswertung in der XML-Schema Topic Map

Signifikante Parameter werden in der „Beurteilung“ durch die darin enthaltenen Teile (verbunden durch schwarz eingefärbte „ist Teil von“-Beziehungen) „Sensitivitätsprüfung“, „Vollständigkeitsprüfung“ sowie „Konsistenzprüfung“ beurteilt (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 47). Dazu ist das Topic „Signifikante Parameter“ mit den jeweiligen Prüfungs-Topics durch eine „wird beurteilt von“-Beziehung (türkis eingefärbt) verbunden. Die Empfehlungen, Schlussfolgerungen und Einschränkungen werden aus den Signifikanten Parametern abgeleitet, was durch eine

„wird abgeleitet aus“-Assoziation der entsprechenden Topics umgesetzt wird (gelb eingefärbt).

6 Merging der Topic Maps

6.1 Begriff und standardisiertes Vorgehen

Der Vorgang des Zusammenführens zweier (oder mehrerer) Topic Maps wird auch als *Merging* bezeichnet. Dabei werden zunächst die Topics bestimmt, die dieselben Subjekte repräsentieren, um sie in der zusammengeführten Topic Map verschmelzen zu können. Bei einer solchen Verschmelzung werden die Topic Characteristics des neuen Topics aus der Schnittmenge der Topic Characteristics der beiden Ursprungs-Topics gebildet. Doppelte Topic Characteristics (Topic Names, Topic Occurrences, Topic Associations) werden bei diesem Schritt entfernt (vgl. Rath (2003), S. 24).

Um Topics zu identifizieren, die die gleichen Subjekte abbilden, ist unter anderem die Topic Naming Constraint (TNC) zu beachten. Die TNC wurde bereits in Kapitel 4.2.2 eingeführt und führt zur Verschmelzung von Topics, die im gleichen Scope den selben Base Name besitzen. Die Annahme ist dabei, dass Topics mit übereinstimmender Bezeichnung und gleichem Scope, implizit das gleiche Subjekt abbilden (vgl. Rath (2003), S. 23).

Um Topics zu finden, die identische Subjekte abbilden, kann weiterhin auch die *Subject Identity* der Topics genutzt werden. Dieses Konstrukt ermöglicht es, einheitliche Subjekte zu erkennen, um sie repräsentierende Topics beim Zusammenführen von Topic Maps zu verschmelzen (vgl. Rath (2003), S. 24). Die Subject Identity kann dabei als optionales Attribut eines Topics angegeben werden und beinhaltet entsprechend der ISO 13250 einen *Subject Descriptor* in Form einer Zeichenkette (vgl. ISO/IEC-13250 (2002), S.10). Die Form bzw. Bildung eines solchen Subject Descriptors ist jedoch nicht vorgeschrieben (vgl. ISO/IEC (2002), S. 4). Zwei Topics werden somit als identisch angesehen, wenn sie in ihrer Subject Identity übereinstimmende Zeichenketten oder die gleichen referenzierten Topics enthalten (vgl. Widhalm/Mück (2002), S. 351 f.).

Die XTM-Spezifikation beschreibt ein abweichendes Verfahren zum Merging von Topic Maps im Vergleich zur ISO 13250. Die Subject Identity kann bei dieser Vorgehensweise einen direkten Verweis auf das Subjekt, einen Verweis auf einen Subject Indicator oder einen Verweis auf ein anderes Topic beinhalten (vgl. Pepper/Moore (2001)). Es wird hierbei von adressierbaren Subjekten gesprochen, wenn mittels eines Uniform Resource Identifier (URI) auf das Subjekt verwiesen werden kann (vgl. Rath (2003), S. 21). Ein Beispiel für ein adressierbares Subjekt ist die XTM-Spezifikation mit der entsprechenden URI „<http://www.topicmaps.org/xtm/>“. Somit kann dieser URI als Ausprägung für die Subject Identity des Topics als direkter Verweis auf das Subjekt eingesetzt werden (vgl. Pepper/Moore (2001)).

Kann auf das Subjekt nicht über einen URI verwiesen werden, so wird im XTM-Standard von nicht-adressierbaren Subjekten gesprochen (vgl. Rath (2003), S. 21). Für diese Subjekte können Subject Indicator genutzt werden. Ein Subject Indicator stellt eine vom Topic-Map-Autor eingesetzte Ressource dar, um die Identität eines Subjektes eindeutig angeben zu können (vgl. Pepper/Moore (2001)). Es könnte sich dabei z.B. um einen Text handeln, in dem das Subjekt definiert wird. Verweisen also zwei Topics auf denselben Subject Indicator, so sind sie beim Zusammenführen als identisch anzusehen und somit zu verschmelzen (vgl. Pepper/Moore (2001)).

Ein Published Subject Indicator (PSI) ist „... ein Topic oder eine selbstbeschreibende Ressource, die persistent im Internet veröffentlicht ist und auf die über einen der Referenzmechanismen aus XTM zugegriffen werden kann“ (Widhalm/Mück (2002), S. 383). Enthält ein Topic einen solchen PSI, so wird es als „published subject“ bezeichnet (vgl. Pepper/Moore (2001)). PSI können eingesetzt werden, um die Identität von Subjekten einheitlich angeben zu können. Somit wird es ermöglicht, in Topic Maps verschiedener Verfasser, Topics zu bestimmen, die identische Subjekte darstellen und somit im Prozess des Merging zusammengefasst werden müssen (vgl. Pepper/Moore (2001)).

Für die in Kap. 5.3 und Kap. 5.4 erstellten Topic Maps konnten jedoch keine durchgehend standardisierten Ressourcen ermittelt werden, die, die von den Topics abgebildeten Subjekte eindeutig identifizieren, und sich somit als Subject Identifier eignen würden. Die Topics wurden demzufolge größtenteils ohne Subjekt-Identifikatoren angelegt. Daher ist ein automatisiertes Merging der beiden erstellten Topic Maps nach den hier beschriebenen Verfahren nicht durchführbar. Um die beiden vorgestellten Ansätze zusammenzuführen, werden die beiden Topic Maps nachfolgend einer vergleichenden Betrachtung unterzogen, um gleichartige semantische Komponenten zu ermitteln. Abschließend wird daraus eine Topic Map erstellt, in die Elemente aus beiden Ansätzen einfließen und die damit als Merging der beiden Ansätze angesehen werden kann.

6.2 Vergleich der beiden Topic Maps und Identifizierung gleichartiger semantischer Komponenten

Bei den beiden Ansätzen, die den Topic Maps zugrunde liegen, lassen sich bereits entscheidende Gemeinsamkeiten und Unterschiede erkennen. Beide Ansätze setzen Managementmethoden zur Ermittlung der umweltorientierten Leistung um, und weisen somit einen ähnlichen Aufbau auf. Der XML-Schema Ansatz orientiert sich dabei strikt an den Normen zur Ökobilanzierung und weist somit einen starken Produktbezug auf, da die Umweltaspekte und potentiellen Umweltauswirkungen im Verlauf des

Lebensweges einer Leistung betrachtet werden (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 2). Diese Leistung wird als „funktionelle Einheit“ bezeichnet und stellt im Allgemeinen eine Einheit des (Haupt-) Endproduktes dar (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 11). Alle Input- und Outputflüsse, Mengenangaben etc. werden auf diese funktionelle Einheit normiert, also „heruntergerechnet“. Im Vergleich dazu wird die Ermittlung von Umweltaspekten und deren Umweltauswirkungen im ACCOUNT-Ansatz nach der der IÖW-Methodik durchgeführt, die als Synthese aus Ökobilanzierung und Umweltleistungsbewertung aufgefasst werden kann (vgl. Arndt (2002), S. 160). Dieser Ansatz ist somit organisationsbezogen, da hier die gesamte Organisation einschließlich aller anfallenden Input- und Outputflüsse mit ihren Gesamtmengen und -werten im Mittelpunkt der Betrachtung stehen (vgl. Arndt (2002), S. 160).

Dieser grundlegende Unterschied führt auch dazu, dass im ACCOUNT-Ansatz versucht wird, Stamm-, Bewegungs- und Metadaten voneinander zu trennen, da die Stammdaten langfristig gehalten werden und sich kaum verändern und in den Bewegungsdaten wiederholt mit sich ändernden Werten belegt werden. Weiterhin wird versucht, Metadaten auszulagern. Der eher produktbezogene Charakter des XML-Schema Ansatzes sieht keine Trennung dieser Datenkategorien vor, da die Bilanzierung hier eher kurzfristig, bezogen auf die Erstellung eines Endproduktes durchgeführt wird. Auch Metadaten werden hier nicht ausgelagert, Daten der jeweiligen Kategorien erscheinen eher ungeordnet innerhalb der Bilanzierung.

Weiterhin ist im ACCOUNT-Ansatz eine Auslagerung von Metadaten vorgesehen, so dass innerhalb der Bilanzierung keine Metadaten auftreten, sondern Verlinkungen auf entsprechende Metadaten-Kategorien. Innerhalb des XML-Schema-Ansatzes treten Metadaten auch innerhalb der Bilanzierung an verschiedensten Stellen auf. Diese sollen wenn möglich in der zusammengeführten Topic Map durch die EML-Metadaten beschrieben werden und mittels Verweisen referenziert werden, um Metadaten möglichst weitestgehend auszulagern.

Beide Topic Maps haben den gleichen grundlegenden Aufbau aus Ziel- und Untersuchungsrahmen, Sachbilanzierung, Wirkungsabschätzung und Auswertung. Innerhalb dieser Bestandteile sind jedoch aufgrund der soeben erläuterten Grundausrichtungen der Ansätze Unterschiede zu erkennen.

Das Ziel wird im XML-Schema Ansatz durch Angaben zu Ziel, Anwendung, Gründen, Zielgruppe und Veröffentlichung beschrieben. Im ACCOUNT-Ansatz sind keine expliziten Angaben zur Beschreibung des Ziels enthalten.

Im XML-Schema Ansatz wird der Untersuchungsrahmen entsprechend der Normen sehr ausführlich beschrieben, unter anderem mit einer Auflistung aller beteiligten Prozessmodule sowie Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle. Der ACCOUNT-Ansatz nutzt Metadaten-Kategorien der EML für die Angabe des Untersuchungsrahmens. Dieser kann zeitlich, räumlich sowie durch Informationen zu Datenquellen, Datensätzen und Verantwortlichkeiten spezifiziert werden.

Die Sachbilanzierung der ACCOUNT Topic Map ist an die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung angelehnt und wird dementsprechend in Flussarten- Flusstellen- und Flusträgerrechnung eingeteilt (vgl. Arndt (2002), S. 164f.). Weiterhin wird eine Unterteilung in Stamm- und Bewegungsdaten vorgenommen. Innerhalb der XML-Schema Topic Map findet eine Zuordnung von Flüssen zu den Prozessmodulen statt. Dabei werden Flussarten nicht explizit definiert, können jedoch durch Gruppierung von Flüssen innerhalb des Öko-Kontenrahmens durch die gleiche Vorgänger-ID gebildet werden. In der ACCOUNT Topic Map werden Flussarten explizit angelegt und durch einen Verweis in den Kontenrahmen eingeordnet. Beide Ansätze nutzen somit einen Öko-Kontenrahmen zur Einordnung und Gruppierung gleichartiger Datenkategorien.

Eine weitere Gemeinsamkeit ist in den Flusstellen (ACCOUNT) bzw. Prozessmodulen (XML-Schema) zu erkennen, da beide den kleinsten Teil der Organisation darstellen, dem Daten für die Stoff- und Energiebilanzierung zugerechnet werden können (vgl. Arndt (2002), S. 165; Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 13). Somit sind auch die Topics „Flusstellenrechnung“ (ACCOUNT) und die „Zuordnung der Prozessmodule“ (XML-Schema) als grundsätzlich gleich anzusehen, da bei beiden Vorgehensweisen Flüsse zu kleinsten Organisationsbestandteilen zugeordnet werden. Die Auflistung aller beteiligten Prozessmodule innerhalb des Untersuchungsrahmens (XML-Schema Ansatz) kann mit dem Flusstellen (ACCOUNT) gleichgesetzt werden.

Eine Zuordnung der Flüsse zu den Leistungen der Organisation, wie es in der „Flusträgerrechnung“ des ACCOUNT-Systems vorgenommen wird, fehlt im XML-Schema Ansatz, da hier lediglich ein Produkt betrachtet wird und dadurch auch alle Flüsse auf diese funktionelle Einheit normiert werden (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 11).

In beiden Ansätzen werden Flüsse beschrieben, wobei im ACCOUNT Ansatz die Flüsse einmalig als Stammdaten angelegt werden und dann in den jeweiligen Buchungen beliebig oft mit Bewegungsdaten wie Mengen und Werten bebucht werden. Dieser Ansatz geht von einer eher langfristigen organisationsbezogenen Sicht aus und dass Flüsse im Laufe der Zeit immer wieder in gleicher Form auftreten und nur in ihren

Quantitäten variieren. Im XML-Schema hingegen tritt jeder Fluss nur einmalig mit Stammdaten wie „Name“ und Bewegungsdaten wie „Menge“ und „Wert“ innerhalb der Sachbilanzierung, da der Fokus auf der eher kurzfristigen Erstellung eines Endproduktes liegt.

In der Phase der Wirkungsabschätzung findet bei beiden Ansätzen eine Zuordnung der Sachbilanzergebnisse zu den Wirkungskategorien statt. Die Auflistung der Wirkungskategorien im Untersuchungsrahmen des XML-Schemas entspricht somit den Wirkungskategorien des ACCOUNT-Ansatzes. Die Zuordnung der Sachbilanzergebnisse innerhalb einer Wirkungskategorie im XML-Schema-Ansatz entspricht einer Wirkungsabschätzungsbuchung des ACCOUNT Ansatzes. Die Zurechnung der Flüsse erfolgt im ACCOUNT-Ansatz schon aggregiert bzw. zusammengefasst durch die Flussarten. Dies ist sinnvoll, da Flüsse mehrfach bebucht werden können und somit die Gesamtmenge der jeweiligen Flussart für die weitere Bewertung mittels Charakterisierungsfaktoren von Interesse ist. Im XML-Schema Ansatz werden die einzelnen Flüsse den Wirkungskategorien zugeordnet, da ein Fluss hier nur einmalig auftreten kann und somit keine Aggregation notwendig ist.

Der ACCOUNT-Ansatz unterstützt die Auswertungsphase durch die Erstellung von Berichten für die einzelnen Teilrechnungen sowie durch die Erstellung von Umweltleistungskennzahlen (vgl. Arndt (2002), S. 167 ff.). Diese Kennzahlen können als Signifikante Parameter des XML-Schema Ansatzes angesehen werden. Innerhalb des XML-Schema-Ansatzes werden diese Signifikanten Parameter mit Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfung beurteilt. Schlussfolgerungen, Empfehlungen sowie Einschränkungen werden aus den Signifikanten Parametern abgeleitet (vgl. Deutsches Institut für Normung (2006b), S. 45ff).

Nachdem die beiden Ansätze grundlegend verglichen wurden, werden im Folgenden Abschnitt beide Topic Maps zusammengeführt und versucht, ein semantisches Netz für die Stoff- und Energiebilanzierung zu erstellen.

6.3 Zusammenführen der Ansätze

Für die Erstellung einer Topic Map für die Stoff- und Energiebilanzierung ist zunächst der grundlegende Charakter der Bilanzierung festzulegen. Die zusammengeführte Topic Map soll in dieser Arbeit eher organisationsbezogen als produktbezogen sein und sich daher von der Grundausrichtung her am ACCOUNT-Ansatz orientieren. Dieser Ansatz wurde gewählt, da er mehr auf die Bestimmung der umweltorientierten Leistung einer Organisation ausgelegt ist und sich nicht auf eine einzelne Leistung fokussiert (vgl. Arndt (2002), S. 159).

Die Stoff- und Energiebilanzierung ist bei beiden Ansätzen grundsätzlich in die gleichen Elemente „Zieldefinition“, „Untersuchungsrahmen“, „Sachbilanzierung“, „Wirkungsabschätzung“ und „Auswertung“ gegliedert.

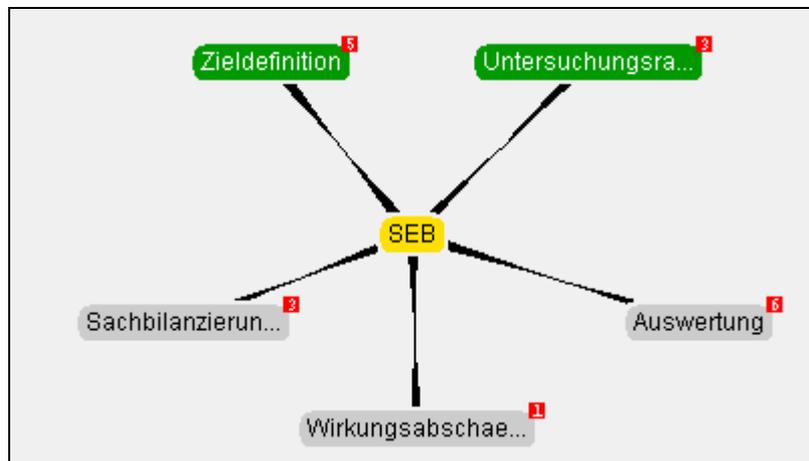


Abb. 6.1 Grobstruktur der Merged Topic Map

Eine Einteilung in Stamm- Bewegungs- und Metadaten wird als sinnvoll angesehen, da bei organisationsbezogener Sichtweise Flüsse, Flussstellen etc. gleich bleibend sind und nur im Laufe der Zeit unterschiedliche Mengen und Werte annehmen. Die Metadaten der EML wurden in das Netz integriert, um sie durch Verweise zu referenzieren. Die Auslagerung von Metadaten erscheint praktikabel, da für die Art und Grenzen der Datenerfassung in der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung keine eigenständige Verarbeitung und Speicherung von Metadaten-Kategorien zu den in der Sachbilanz als Inhalt erfassten Flüsse durchgeführt werden müssen, sondern lediglich die Möglichkeit von Verweisen auf die korrespondierenden Metadaten-Kategorien der EML gegeben werden.

6.3.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Da der ACCOUNT-Ansatz keine expliziten Angaben zur Zieldefinition enthält, wurden die Angaben des XML-Schemas übernommen. Das Ziel besteht somit aus „Ziel“, „beabsichtigte Anwendung“, „Gründe“, „Zielgruppe“ sowie „Veröffentlichung“.

Der Untersuchungsrahmen soll mit Hilfe der EML beschrieben werden. Somit können beispielsweise Angaben zu Systemgrenze und Produktsystem aus dem XML-Schema-Ansatz räumlich und zeitlich mit Hilfe der EML dargestellt werden (Topics „Räumlicher Bezug“, „Zeitlicher Bezug“). Weiterhin können Informationen zur verantwortlichen Person aus dem XML-Schema-Ansatz mit Hilfe des Topics „Verantwortlichkeiten“ aus der EML wiedergegeben werden. Auf eine Übernahme sehr detaillierter Informationen und optionaler Elemente aus dem XML-Schema-Ansatz wird

verzichtet, da in dieser Topic Map das grundlegende Prinzip der Stoff- und Energiebilanzierung im Vordergrund steht und nicht die normgerechte Dokumentation jeden Schrittes.

Angaben zur Datenqualität finden sich in den Definitionen der Untersuchungsrahmen beider Ansätze. So können beispielsweise die Angaben zum zeitlichen und räumlichen Erfassungsbereich zusammengefasst werden. Angaben über die Art der Daten (z.B. gemessen, berechnet, geschätzt) werden aus dem ACCOUNT-Ansatz hinzugefügt. Angaben zum technologischen Erfassungsbereich, sowie zur Präzision, Vollständigkeit, Repräsentativität, Konsistenz sowie Unsicherheit werden dem XML-Schema-Ansatz entnommen. Es wurden entsprechende Topics vom Typ „Metadaten“ angelegt und, wo möglich, auf die Metadaten-Totics der EML verwiesen, um das Prinzip der Auslagerung von Metadaten umzusetzen.

Weiterhin sind innerhalb des Untersuchungsrahmens im XML-Schema bereits alle beteiligten Prozessmodule, Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle aufgelistet. Diese aufgelisteten Elemente werden dabei aus dem Untersuchungsrahmen herausgelöst und wie folgt als Stammdaten übernommen:

- Die Auflistung der Prozessmodule im Untersuchungsrahmen des XML-Schema Ansatzes wurden als semantisch gleichartig mit den Flussstellen des ACCOUNT-Ansatzes identifiziert und werden unter dem Topic „Flussstelle“ zusammengeführt. Die Topics „Beginn“, „Ende“ und „Art der Transformation“ aus dem Untersuchungsrahmen XML-Schema werden dabei dem Flussstellenstamm des ACCOUNT-Ansatzes hinzugefügt.
- Die Auflistung der Wirkungskategorien (XML-Schema) entspricht den Wirkungskategoriestammdaten des ACCOUNT-Ansatzes, welche im Topic „Wirkungskategorie“ zusammengeführt werden.
- Die Wirkungsindikatoren werden als Stammdaten in die Topic Map übernommen, da der ACCOUNT-Ansatz zwar keine Wirkungsindikatoren vorsieht, diese jedoch als relevante Information angesehen werden. Zu diesem Zweck wird ein Topic „Wirkungsindikator“ als Stammdaten hinzugefügt (siehe Kap. 0).
- Auch Charakterisierungsmodelle sollen in dieser Topic Map berücksichtigt werden, da diese zur Ableitung des Wirkungsindikators herangezogen werden. Zu diesem Zweck wird das Topic „Charakterisierungsmodell“ vom Typ „Stammdaten“ angelegt.

In Abb. 6.2 wird exemplarisch an den Quellenangaben der Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen die Verlinkung zu den EML-Metadaten veranschaulicht.

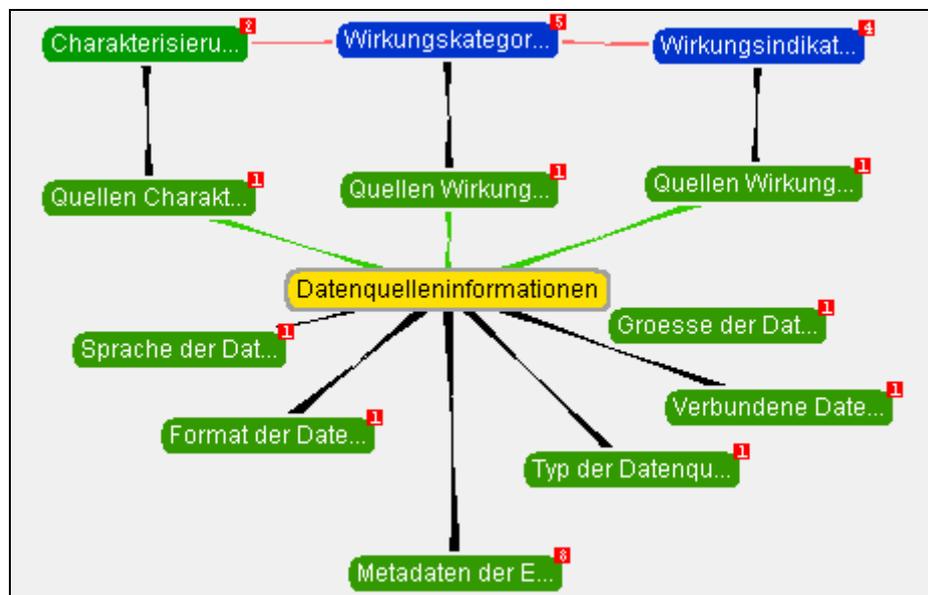


Abb. 6.2 Verlinkung auf Metadaten der EML

Die Topics „Charakterisierungsmodell“, „Wirkungskategorie“ und „Wirkungsindikator“ haben als Teil (über eine „ist Teil von“-Assoziation – schwarz eingefärbt) jeweils ein Topic zur Angabe von Datenquellen. Diese Topics sind über eine „verweist auf“-Assoziation (grün eingefärbt) mit dem Topic „Datenquelleninformationen“ verbunden, welches selbst wieder Teil der „Metadaten der EML“ ist und als Teile Angaben wie Typ, Größe und Format der Datenquelle beinhaltet. Die Topics „Charakterisierungsmodell“ und „Wirkungsindikator“ sind dabei mit dem Topic „Wirkungskategorie“ durch eine „ist zugeordnet zu“-Assoziation verbunden (rot eingefärbt).

6.3.2 Sachbilanzierung

Da beide Ansätze den Öko-Kontenrahmen zur Strukturierung der Datenkategorien nutzen, soll dieser auch im zusammengeführten Netz berücksichtigt werden. Die Umsetzung orientiert sich dabei wieder am ACCOUNT-Ansatz, wobei der Kontenrahmen aus der Auflistung von Stoff-/Energiebilanztexten besteht. Diese setzen sich aus einer Stoff-/Energiebilanztextnummer und einem Stoff-/Energiebilanztextnamen zusammen. Auf das Anlegen mehrerer Kontenrahmen mit Verweisen auf den Vorgänger-Kontenrahmen und Möglichkeiten zur Gewichtung, wie es der XML-Schema-Ansatz vorsieht, wird hier verzichtet, da die Umsetzung des

ACCOUNT-Ansatzes verständlicher ist und in höherem Maße der Darstellung eines Kontenrahmens mit seinen Gliederungsebenen entspricht (vgl. Tab. 2.1).

Die Umsetzung des Kontenrahmens wird in Abb. 6.3 veranschaulicht. Die Stoff-/Energiebilanztexte (Topic „SEBTexte“) enthalten eine Nummer (Topic „SEBNr“) und eine Bezeichnung (Topic „SEBText“). Die Flussarten, Flussstellen und Flussträger sind jeweils einem Stoff-/Energiebilanztext zugeordnet. Ein Stoff-/Energiebilanztext mit der Stoff-/Energiebilanztextnummer definiert somit eine Gliederungsebene des Öko-Kontenrahmens. Das Topic „Gliederungsebene“ hat unter anderem eine „ist Teil von“ Beziehung mit sich selbst, um darzustellen, dass eine Gliederungsebene Teil einer übergeordneten Gliederungsebene sein kann.

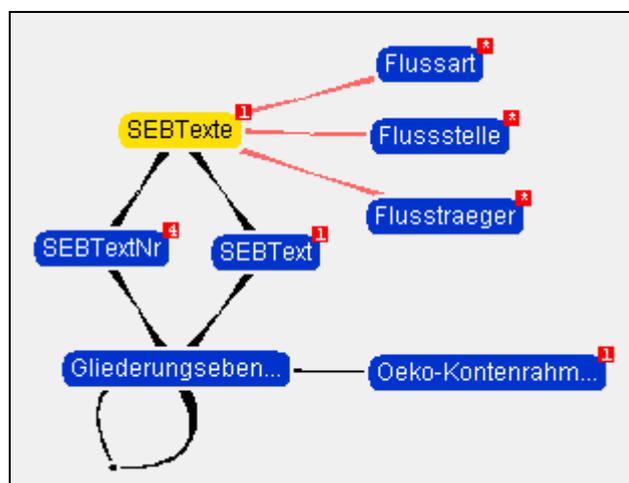


Abb. 6.3 Öko-Kontenrahmen der Merged Topic Map

Die Sachbilanzierung wird entsprechend dem ACCOUNT-Ansatz in Flussarten-, Flussstellen- und Flussträgerrechnung eingeteilt. Das explizite Anlegen von Flussarten, Flussstellen und Flussträgern als Stammdaten und deren Einordnung in den Kontenrahmen wird aus der organisationsübergreifenden Sichtweise als sinnvoll angesehen. Auch die Art der Bilanzierung mit Hilfe von Buchungssätzen innerhalb der Teilrechnungen wird hier aus dem ACCOUNT-Ansatz übernommen und wird in Abb. 6.4 dargestellt.

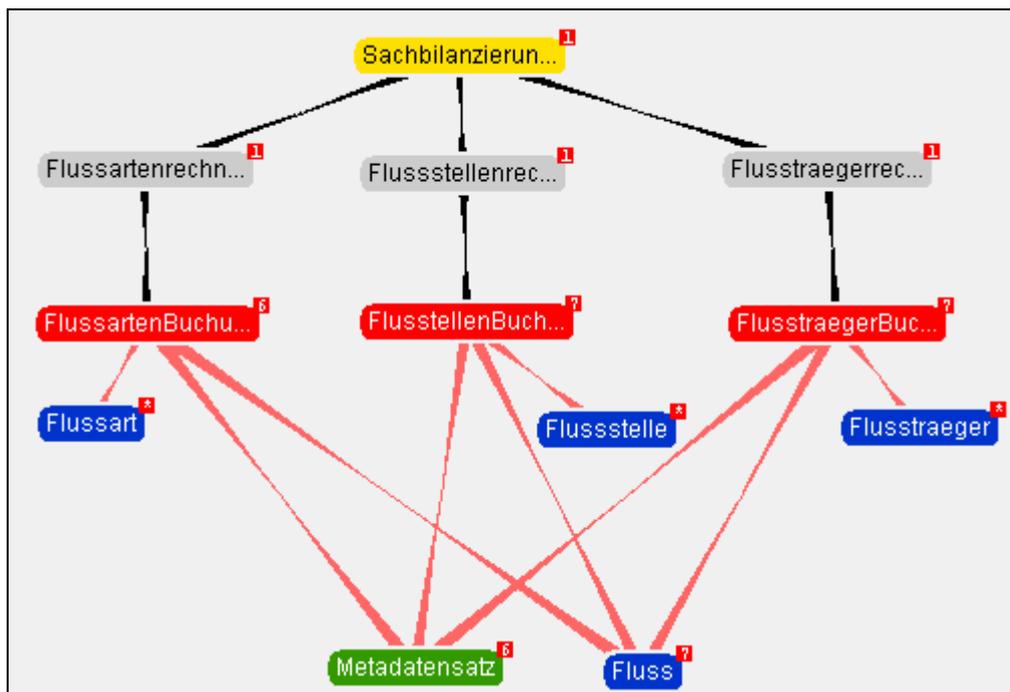


Abb. 6.4 Einteilung der Sachbilanzierung der Merged Topic Map

Das Topic „Flussartenrechnung“ enthält dabei Flussartenbuchungen. Die Flussartenbuchung stellt dabei die Zuordnung von Flüssen zu Flussarten und Metadatensätzen her. Zu diesem Zweck ist das Topic „Flussartenbuchung“ mit den Topics „Flussart“, „Fluss“ und „Metadatensatz“ durch eine „ist zugeordnet zu“-Assoziation verbunden. Die Flussstellen- und Flussträgerrechnung wurden in analoger Weise als Zuordnung von Flussstellen bzw. Flussträgern zu Flüssen und Metadatensätzen modelliert.

In die hier vorgestellten Teilrechnungen kann die Sachbilanzierung des XML-Schema-Ansatzes integriert werden, da hier vereinfacht gesagt eine sehr detaillierte Flussstellenrechnung („Zuordnung der Prozessmodule“) erfolgt. Flussarten entstehen dabei nur indirekt und Flussträger sind durch die Fokussierung auf ein Produkt nicht vorhanden.

Flussartenrechnung

Die Flussartenrechnung entspricht somit der modellierten Flussartenrechnung aus Kap. 5.3.4. Flüsse werden als Stammdaten angelegt und mit Bewegungsdaten wie Mengen und Werten in der Flussartenrechnung bebucht. Die Flussartenrechnung wird in Abb. 6.5 dargestellt. Die Flussartenbuchung dient dabei der Zuordnung von Flüssen zu den Flussarten. Das Topic „Flussartenbuchung“ ist somit mit jeweils einer „ist zugeordnet zu“-Assoziation mit den Topics „Fluss“, „Flussart“ sowie „Metadatensatz“ verbunden. Ein Fluss verweist somit auf ein Set von Metadaten, das für diesen Fluss gültig ist In der

Buchung werden nun die wesentlichen Bewegungsdaten der Buchung mittels einer „ist Teil von“-Assoziation“ (schwarz eingefärbt) erfasst:

- Menge (Topic „Menge Flussartenbuchung“)
- Wert (Topic „Wert Flussartenbuchung“)
- Nummer (Topic „Nr Flussartenbuchung“)
- Datum (Topic „Datum Flussartenbuchung“)

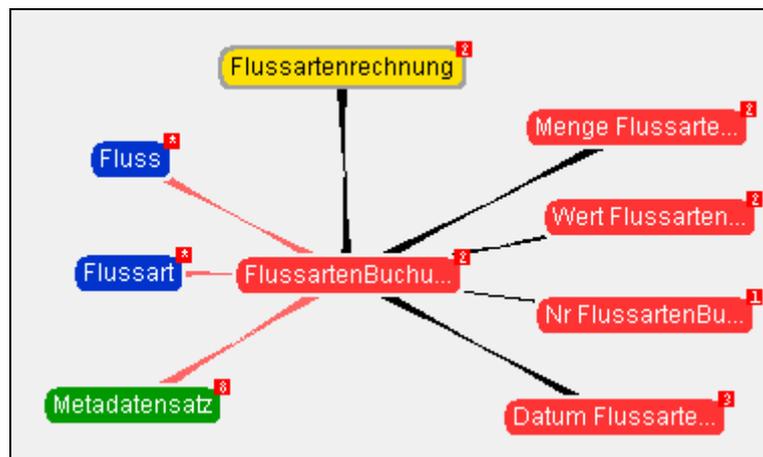


Abb. 6.5 Flussartenrechnung der Merged Topic Map

Da innerhalb des ACCOUNT-Ansatzes die Angabe jeglicher Einheiten fehlt, werden diese aus dem XML-Schema Ansatz übernommen, da die Angabe von Einheiten von Flüssen, Wirkungskategorien etc. als wichtige Information angesehen wird. Die Einheiten werden als Topic vom Typ Stammdaten angelegt, welches weiterhin mit einer Bezeichnung „Einheitsname“ spezifiziert wird. Den Flüssen werden die Stammdaten-Topics „Flusseinheit“ für die Mengen- oder Energieeinheit und „Werteinheit“ für die monetäre Größe hinzugefügt, die dem Topic-Typ „Einheit“ sind. Diese Zusammenhänge werden in Abb. 6.6 veranschaulicht. Die Topics „Einheit“, „Einheitsname“ sowie „Fluss“ sind vom Typ „Stammdaten“. „Flusseinheit“ und „Werteinheit“ haben den Typ „Einheit“, der selbst vom Typ „Stammdaten“ ist.

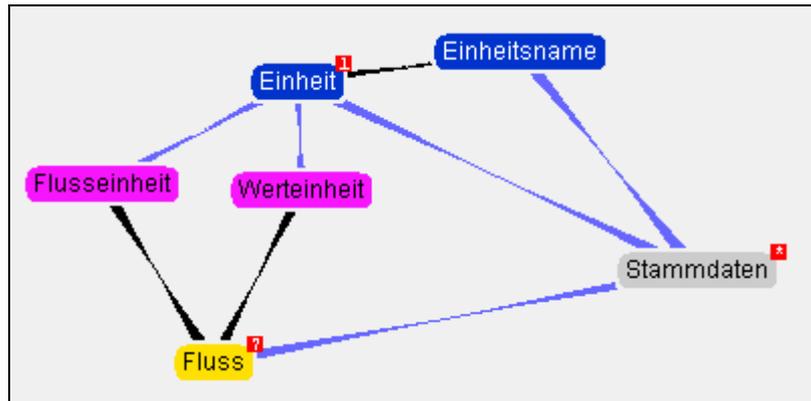


Abb. 6.6 Angabe von Einheiten in der Merged Topic Map

Flussstellenrechnung

Auch die Flussstellenrechnung orientiert sich am ACCOUNT-Ansatz. Die Prozessmodule wurden bereits als semantisch gleichartig mit den Flussstellen identifiziert und wurden unter dem Topic „Flussstelle“ zusammengeführt. Zusätzlich zu den Topics „Name“, können Angaben zu Beginn, Ende und Transformation aus dem XML-Schema-Ansatz mit Hilfe der EML-Metadaten beschrieben werden (z.B. „Räumlicher Bezug,“). Weitere im XML-Schema enthaltene Metadaten-Totics wie „Angaben zur Erfassung“, „Datum der Fertigstellung“, „Datenquelle“, „Zeitabschnitt“ können ebenfalls mit Hilfe der EML dargestellt und somit ausgelagert werden, was durch entsprechende Verlinkungen vom Typ „verweist auf“ auf die Topics „Methode“, Verantwortlichkeiten“, „Datenquelleninformation“, „Zeitlicher Bezug“ der EML wiedergegeben wird.

Die Zuordnung der Flüsse erfolgt innerhalb der Flussstellenbuchungssätze, wie es in Kap. 3.1.3 erläutert wurde, und in Abb. 6.7 veranschaulicht wird.

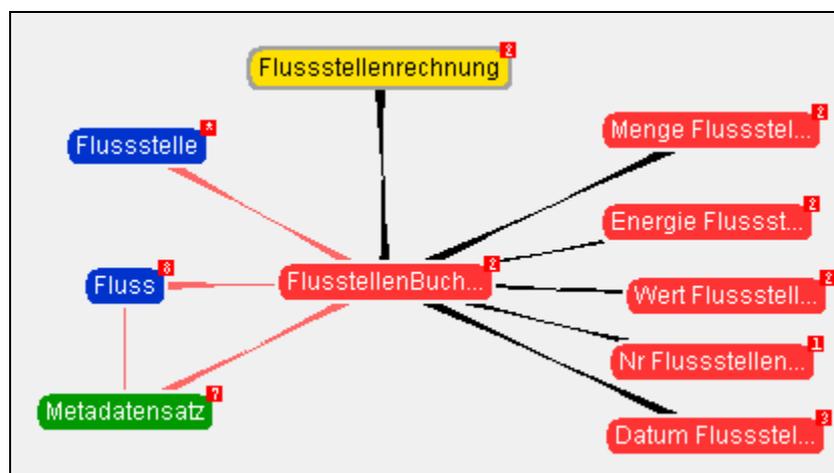


Abb. 6.7 Flussstellenrechnung der Merged Topic Map

Flüsse werden als Stammdaten angelegt und mit Bewegungsdaten wie Mengen und Werten in der Flussstellenrechnung bebucht. Die Flussstellenbuchung dient dabei der Zuordnung von Flüssen zu den Flussstellen. Das Topic „Flussstellenbuchung“ ist somit mit jeweils einer „ist zugeordnet zu“-Assoziation mit den Topics „Fluss“ „Flussstelle“ sowie „Metadatenatz“ verbunden. Ein Fluss verweist somit auf ein Set von Metadaten, das für diesen Fluss gültig ist. In der Buchung werden nun die wesentlichen Bewegungsdaten der Buchung mittels einer „ist Teil von“-Assoziation“ (schwarz eingefärbt) erfasst:

- Menge (Topic „Menge Flussstellenbuchung“)
- Energie (Topic „Energie Flussstellenbuchung“)
- Wert (Topic „Wert Flussstellenbuchung“)
- Nummer (Topic „Nr Flussstellenbuchung“)
- Datum (Topic „Datum Flussstellenbuchung“)

Die Unterscheidung zwischen Buchungsmenge und Buchungsenergie ist notwendig, da auf eine Flussstelle sowohl Stoff- als auch Energieflüsse input- wie outputseitig verbucht werden können (vgl. Arndt (2002), S. 180).

Flussträgerrechnung

Die Flussträgerrechnung entspricht der Flussträgerrechnung des ACCOUNT-Ansatzes, da beim XML-Schema Ansatz nur eine einzige Leistung betrachtet wird. Diese funktionelle Einheit kann somit als Ausprägung eines Flussträgers betrachtet werden. Die „funktionelle Einheit“ wird somit durch eine „ist vom Typ“-Verbindung mit dem Topic „Flussträger“ verbunden. Das Prinzip der Flussträgerrechnung wird in Abb. 6.8 dargestellt.

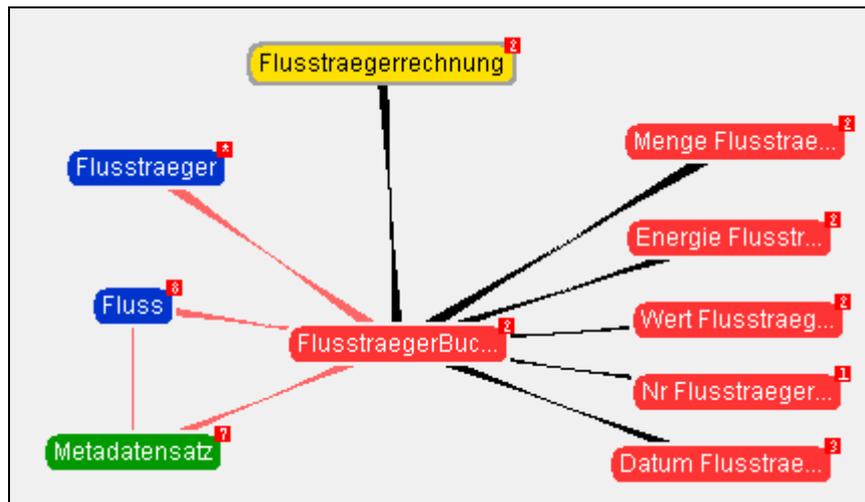


Abb. 6.8 Flussträgerrechnung der Merged Topic Map

Flüsse werden als Stammdaten angelegt und mit Bewegungsdaten wie Mengen und Werten in der Flussträgerrechnung bebucht. Die Flussträgerbuchung dient dabei der Zuordnung von Flüssen zu den Flussträgern, also Leistungen (z.B. Produkte, Dienstleistungen). Das Topic „Flussträgerbuchung“ ist somit mit jeweils einer „ist zugeordnet zu“-Assoziation mit den Topics „Fluss“ „Flussträger“ sowie „Metadatenatz“ verbunden. Ein Fluss verweist somit auf ein Set von Metadaten, das für diesen Fluss gültig ist. In der Buchung werden nun die wesentlichen Bewegungsdaten der Buchung mittels einer „ist Teil von“-Assoziation“ (schwarz eingefärbt) erfasst:

- Menge (Topic „Menge Flussträgerbuchung“)
- Energie (Topic „Energie Flussträgerbuchung“)
- Wert (Topic „Wert Flussträgerbuchung“)
- Nummer (Topic „Nr Flussträgerbuchung“)
- Datum (Topic „Datum Flussträgerbuchung“)

Die Unterscheidung zwischen Buchungsmenge und Buchungsenergie ist notwendig, da auf einen Flussträger sowohl Stoff- als auch Energieflüsse input- wie outputseitig verbucht werden können (vgl. Arndt (2002), S. 180).

Der XML-Schema-Ansatz sieht weiterhin umfassende Informationen zur Beschreibung und Dokumentation der Datenerhebung wie Angaben zu Quellen und Zeitspannen vor. Diese werden wiederum in dieser Topic Map mit Hilfe der EML-Metadaten dargestellt, wobei mit Verlinkungen vom Typ „verweist-auf“ das entsprechende EML-Metadaten-

Topic referenziert wird. Sehr detaillierte Informationen, wie sie die Normen zur Ökobilanzierung vorsehen, wurden nicht berücksichtigt, da in dieser Topic Map das grundlegende Prinzip der Stoff- und Energiebilanzierung im Vordergrund steht und nicht die normgerechte Dokumentation jeden Schrittes. Weiterhin soll innerhalb des Netzes eine gewisse Übersichtlichkeit erhalten bleiben.

6.3.3 Wirkungsabschätzung

Da für die grundlegende Orientierung der zusammengeführten Topic Map der ACCOUNT-Ansatz gewählt wurde, wird die Form der Bilanzierung in Buchungssätzen auch in der Wirkungsabschätzung konsequent fortgeführt. Die Auflistung der Wirkungskategorien aus dem XML-Schema Ansatz wird dabei mit den Stammdaten der Wirkungskategorien des ACCOUNT-Ansatzes integriert. Für jede Wirkungskategorie werden Buchungssätze angelegt, die die Zuordnung von Flussarten (und somit aggregierten Flüssen) zur entsprechenden Wirkungskategorie realisieren (vgl. Arndt (2002), S. 178). Abb. 6.9 zeigt ausgewählte Topics zur Vorgehensweise der Wirkungsabschätzung. Die Berechnung der Indikatorwerte und Wirkungsindikatorergebnisse ist in beiden Ansätzen nahezu identisch und wird in der zusammengeführten Topic Map wie folgt durchgeführt.

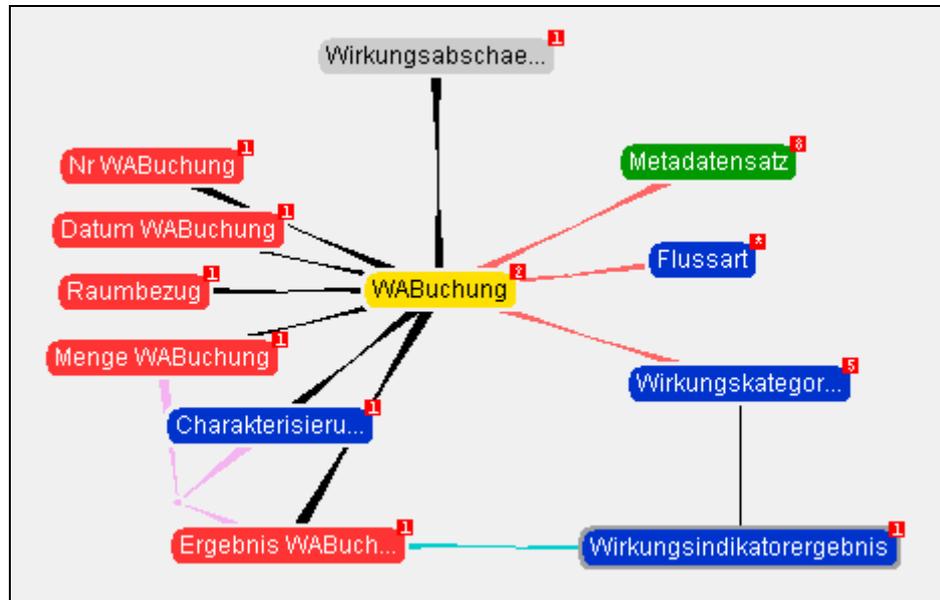


Abb. 6.9 Wirkungsabschätzung in der Merged Topic Map

Zentrales Topic ist hier die Wirkungsabschätzungsbuchung, abgekürzt mit „WABuchung“, das die Zuordnung der Flussarten zu den Wirkungskategorien realisiert, sowie die Buchungsmenge mit dem Charakterisierungsfaktor verrechnet und das

Ergebnis zum Wirkungsindikatorergebnis hinzugerechnet wird.³⁰ Die Topics „Menge WABuchung“, „Charakterisierungsfaktor“ und „Ergebnis WABuchung“ sind durch eine „Multiplikation“-Assoziation verbunden (pink eingefärbt). Das Ergebnis ist durch eine „wird addiert zu“-Assoziation mit dem Wirkungsindikatorergebnis verbunden (türkis eingefärbt), welches in den Stammdaten der Wirkungskategorie abgelegt ist.

Sowohl Wirkungsindikatoren als auch Charakterisierungsmodelle sind im ACCOUNT-Ansatz nicht berücksichtigt, werden allerdings als wichtige Information zur Beschreibung einer Wirkungskategorie angesehen. Sie werden daher als Stammdaten „Wirkungsindikator“ und „Charakterisierungsmodell“ der Topic Map hinzugefügt. Der Wirkungsindikator bekommt dabei einen Namen und eine Einheit zugeordnet (siehe Abb. 6.10). Wirkungsindikator und Charakterisierungsmodell werden einer Wirkungskategorie zugeordnet, wobei ein Wirkungsindikator aus dem Charakterisierungsmodell abgeleitet wird, was durch eine „wird abgeleitet aus“-Assoziation zwischen den Topics dargestellt wird (grün eingefärbt).

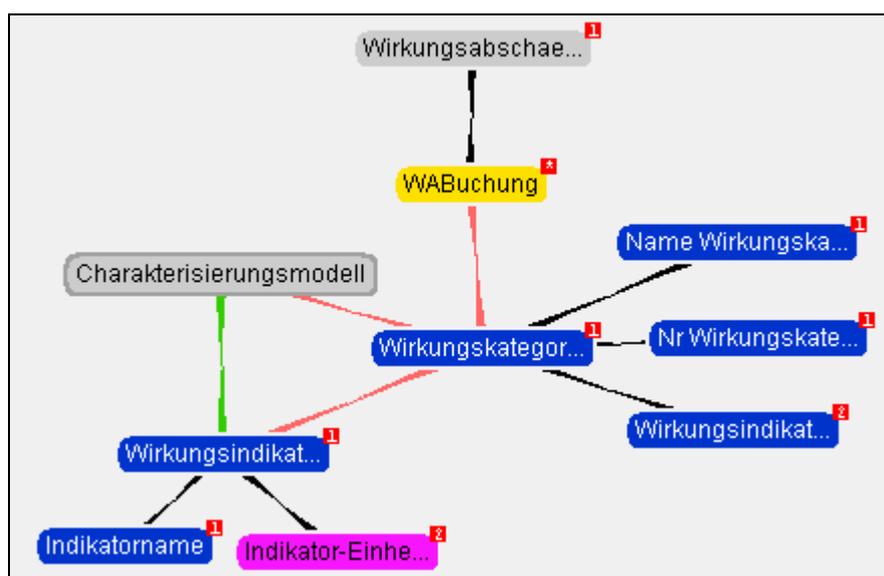


Abb. 6.10 Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle der Merged Topic Map

Auch innerhalb der Wirkungsabschätzung sehen die Normen zur Ökobilanzierung, auf denen das XML-Schema-Ansatz beruht, Angaben zur Beschreibung und Dokumentation der Vorgehensweise sowie Ergänzungen zu den Umweltdaten, wie räumliche und zeitliche Aspekte vor. Diese werden durch Verlinkungen auf entsprechende EML-Metadatenkategorien (z.B. „Räumlicher Bezug“, „Zeitlicher Bezug“) berücksichtigt. Auch hier wurden sehr detaillierte Informationen zur Dokumentation und Berechnungsverfahren, wie sie die Normen zur Ökobilanzierung

³⁰ Vergleiche hierzu auch Abb. 5.8 aus Kap. 5.3.5.

vorsehen, nicht übernommen, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten und die Fokussierung auf die grundlegenden Prinzipien der Stoff- und Energiebilanzierung zu beachten.

6.3.4 Auswertung

Die Auswertung wird als komplette Verschmelzung der Auswertungen von beiden Ansätzen erstellt und in Abb. 6.11 dargestellt.

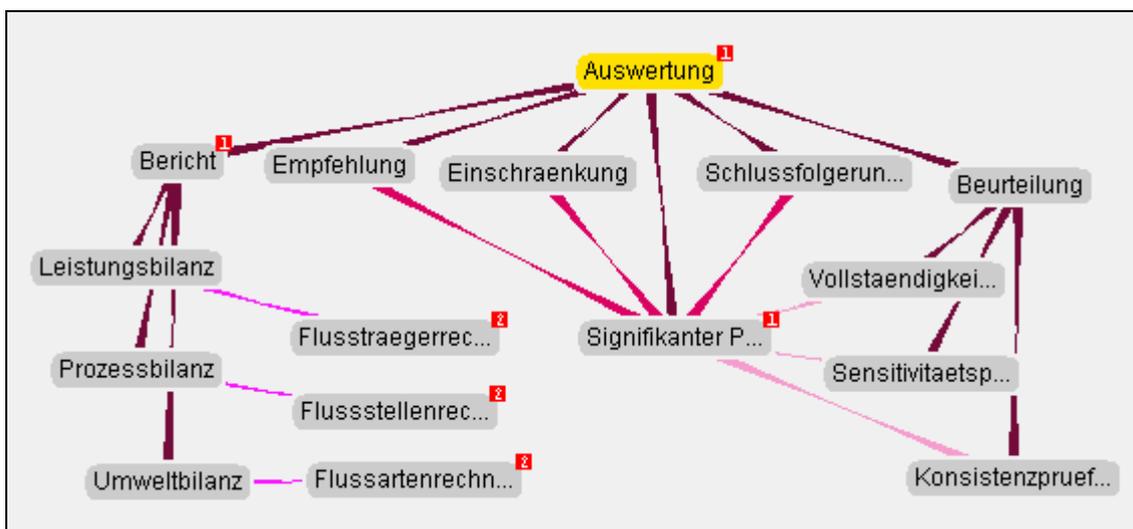


Abb. 6.11 Auswertung der Merged Topic Map

Aus dem XML-Schema Ansatz wurden die Topics „Signifikante Parameter“, „Beurteilung“, „Schlussfolgerungen“, „Einschränkungen“ und „Empfehlungen“ eingefügt. Die „Beurteilung“ besteht dabei aus „Vollständigkeitsprüfung“, „Sensitivitätsprüfung“ und „Konsistenzprüfung“. Das Topic „Signifikanter Parameter“ ist durch „wird beurteilt von“-Assoziationen mit den Prüfungs-Topics verbunden (pink eingefärbt). Die Topics „Empfehlung“, „Einschränkung“ und „Schlussfolgerung“ sind durch „ist abgeleitet aus“-Assoziationen mit dem Signifikanten Parameter verbunden (rot eingefärbt).

Aus dem ACCOUNT-Ansatz wird das Topic „Bericht“ übernommen, das die Teilberichte „Umweltbilanz“ als Ergebnis der Flussartenrechnung, „Prozessbilanz“ als Ergebnis der Flussstellenrechnung und „Leistungsbilanz“ als Ergebnis der Flussträgerrechnung beinhaltet. Die Assoziation zwischen den Auswertungs-Bilanzen und den Teilrechnungen sind vom Typ „ist Auswertung von“.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde ein semantisches Netz für die Stoff- und Energiebilanzierung erstellt. Dieses kann ein gewinnbringendes Instrument für das Umwelt- und Wissensmanagement darstellen, da es wichtige ökologische und ökonomische Informationen im Rahmen der Leistungserstellung einer Organisation identifiziert, zusammenführt und verfügbar macht.

Dazu wurden in Kapitel drei grundlegende Struktur- und Inhaltskomponenten der Stoff- und Energiebilanzierung bestimmt. Um das Themengebiet der Stoff- und Energiebilanzierung möglichst universell zu erfassen und eine einseitige Sichtweise zu vermeiden, wurden dabei zwei unterschiedliche Ansätze untersucht. Ein Ansatz in Form eines XML-Schemas orientiert sich an den Grundsätzen und Anforderungen an eine Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006, ein weiterer Ansatz in Form des Softwaresystems ACCOUNT bezieht sich auf die Herangehensweise des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) Berlin. Die Untersuchung wurde mit Hilfe von ER-Diagrammen sowie XML-Schema-Darstellungen vorgenommen.

Als Methode zur Erstellung von semantischen Netzen wurde in Kapitel vier der Topic Maps-Standard eingeführt, da diese Vorgehensweise zahlreiche Vorteile wie Austauschbarkeit, Erweiterbarkeit, Zusammenführbarkeit und Möglichkeiten zur Exploration bietet. Weiterhin gewährleistet die Verwendung dieses XML-basierten Standards Flexibilität und Zukunftssicherheit.

Die im dritten Kapitel identifizierten Komponenten der beiden Ansätze wurden im fünften Kapitel jeweils in eine Topic Map überführt. Die Umsetzung wurde mit Hilfe des TM4L-Editors vorgenommen, welcher sich durch die Unterstützung einer grafischen Modellierung, vordefinierter Sichten sowie Möglichkeiten zur Visualisierung als vorteilhaft herausstellte.

Die erstellten Topic Maps wurden im sechsten Kapitel zu einer einzigen Topic Map zusammengeführt. Dabei wurden gleichartige Komponenten identifiziert, Aspekte aus beiden Ansätzen wurden in einem Netz integriert, um das Wissen im Bereich der Stoff- und Energiebilanzierung möglichst umfassend darzustellen. Es wurde dadurch eine Möglichkeit geschaffen, durch das modellierte Wissen zu navigieren und es explorativ zu erkunden. Somit können neue Erkenntnisse gewonnen und das Wissen der Organisation vergrößert werden.

Die erstellte Topic Map erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, was aufgrund der Erweiterbarkeit auch gar nicht vorgesehen ist. Es bietet sich vielmehr die Möglichkeit, die Topic Map um weitere Aspekte zu erweitern. So wäre es

beispielsweise sinnvoll, speziell im Bereich des Umweltmanagements Topic Maps für verschieden Berichtsarten, wie Umweltberichte oder Nachhaltigkeitsberichte zu erstellen. Diese Topic Maps könnten dann mit der in dieser Arbeit erstellten Topic Map für die Stoff- und Energiebilanzierung zusammengeführt werden und somit die Wissensbasis der Organisation sukzessiv erweitern.

Durch diese Vorgehensweise wäre weiterhin die Integration heterogener Anwendungsgebiete auf konzeptueller Ebene durch Topic Maps möglich. So ist auch für andere Unternehmensbereiche und Anwendungsgebiete die Erstellung von Topic Maps denkbar, die daraufhin mit den bestehenden Topic Maps zusammengeführt werden können. Dadurch wird die Verbindung verschiedener Fachgebiete ermöglicht sowie die Entdeckung interdisziplinärer Zusammenhänge und neuen Wissens unterstützt. Auch eine Übersetzung der Topic Map in andere Sprachen wäre mit Hilfe von Scope-Elementen für die jeweilige Sprache denkbar.

Anhang

A Quelltext der Topic Map

Auf eine Wiedergabe des Topic-Map Quelltextes wurde aufgrund des Umfanges (über 6000 Zeilen) an dieser Stelle verzichtet. Die erarbeitete Topic Map ist auf digitalem Datenträger enthalten.

Literaturverzeichnis

- Altova GmbH (2007): XMLSpy – Modellieren, Editieren, Transformieren & Debuggen von XML-Technologien.
http://www.altova.com/de/produkte/xmlspy/xml_editor.html , Seitenabruf am 2008-06-20
- Arndt, H.-K. (1997): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Gestaltung und Implementierung eines BUIS-Kernsystems. Wiesbaden
- Arndt, H.-K.; Günther, O. (1997): Metainformationen und Datenintegration – Anforderungen an betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS). In Arndt, H.-K.; Günther, O.; Hilty, L. M.; Rautenstrauch, C.: Metainformation und Datenintegration in betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS). 6. Workshop, Berlin 1997. (S. 9-23). Marburg
- Arndt, H.-K. (1999): Vorschlag für EML-BUIS-Bezeichner. In Arndt, H.-K.; Günther, O.: Environmental Markup Language (EML) – Workshop 1, Berlin 1999 (S. 133-136). Marburg
- Arndt, H.-K. (2000): Erste Ergebnisse zur EML (Environmental Markup Language).
http://www2.wiwi.hu-berlin.de/is/paper/iss/iss_64.pdf , Seitenabruf am 2008-06-20
- Arndt, H.-K.; Freitag, U.; Kazakos, W.; Scharz-Glaesker, S.; Wesbomke, J. (2001): Erster Entwurf einer Dokumenttyp-Definition für die Kernelemente umweltbezogener Metadaten einer Environmental Markup Language (EML). In Tochtermann, K.; Riekert, W.-F.: Neue Methoden für das Wissensmanagement im Umweltschutz. 4. Workshop des GI-Arbeitskreises Hypermedia im Umweltschutz und Workshop 3 der GI-Initiative Environmental Markup Language (S. 135-142). Marburg
- Arndt, H.-K. (2002): Wissensmanagement. Konzepte und Anwendungen aus dem Umweltmanagement. Unveröffentlichte Habilitationsschrift. Humboldt-Universität Berlin
- Berlin Wisconsin (Hrsg.) (2008): Welcome to Berlin, Wisconsin.
<http://www.1berlin.com/> , Seitenabruf am 2008-06-15
- Bodendorf, F. (2006): Daten- und Wissensmanagement. 2. Auflage. Berlin
- Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (1995): Handbuch Umweltcontrolling. München
- Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (2001): Handbuch Umweltcontrolling. 2. Auflage. München
- Chen, P. (1976): The Entity-Relationship Model – Towards a Unified View of Data. In ACM Transactions on Database Systems 1,1 1976 (S. 9-36)
- Coenenberg, A. G.; Haller, A.; Mattner G.; Schultze W. (2007): Einführung in das Rechnungswesen. Grundzüge der Buchhaltung und Bilanzierung. (2. Auflage), Stuttgart

- Dammert, A. (2008): Erstellung einer XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006.
Diplomarbeit, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
- Dicheva, D., Dichev, C. (2006). TM4L: Creating and Browsing Educational Topic Maps, *British Journal of Educational Technology - BJET*, 37(3), S. 391-404
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (1996): DIN EN ISO 14001:1996 Umweltmanagementsysteme: Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung. Berlin
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1998): DIN EN ISO 14004:1998 Umweltmanagementsysteme. Allgemeiner Leitfaden über Grundsätze, Systeme und Hilfsinstrumente. Berlin
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2000): DIN EN ISO 14031:2000 Umweltmanagement – Umweltleistungsbewertung: Leitlinien,. Berlin
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a): DIN EN ISO 14040:2006 Umweltmanagement, Ökobilanz, Grundsätze und Rahmenbedingungen. Berlin
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b): DIN EN ISO 14044:2006 Umweltmanagement, Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen. Berlin
- Dorn, D. (1998): Umweltmanagementsysteme: Kommentar zu DIN EN ISO 14000 ff. und der EG-Öko-Audit-Verordnung. Berlin u.a.
- Europäisches Parlament und Europäischer Rat (Hrsg.) (2001): 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).
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L114 . Brüssel.
- Goldfarb, C.; Prescod, P. (2000): Das XML-Handbuch. Anwendungen, Produkte, Technologien. 2. Auflage, München.
- Hansen, H. R. (1996): Wirtschaftsinformatik I – Grundlagen betrieblicher Informationssysteme (7. Auflage). Stuttgart
- Hauser, T. (2006): XML Standards. schnell + kompakt. Frankfurt
- IDS Scheer (Hrsg.) (2001): ARIS Methode Version 6. Saarbrücken.
- International Organization for Standardization (ISO); International Electrotechnical Commission (IEC) (2002): ISO/IEC 13250 – Topic Maps. Second Edition 19 May 2002
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft (Hrsg.) (1993): 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 Umweltbetriebsprüfung. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L168. Brüssel.
- NSDL (2008): NSDL – The National Science Digital Library <http://www.nsdlib.org> ,
Seitenabruf am 2008-06-20
- Ontopia (2008): Ontopia – solutions for managing knowledge and information.
<http://www.ontopia.net> , Seitenabruf am 2008-07-15

- Pepper, S. (2000): The TAO of Topic Maps – finding the way in the age of infoglut.
<http://www.ontopia.net/topicmaps.org/materials/tao.html> 20. Mai 2008
- Pepper, S.; Gronmo, G. O. (2002): Towards a General Theory of Scope.
<http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/scope.html> 20. Mai 2008
- Pepper, S.; Moore, G. (2001): XML Topic Maps (XTM) 1.0
<http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/index.html> 20. Mai 2008
- Rath, H. H. (2003): The Topic Maps Handbook. White Paper. Gütersloh
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen
Konzepte und Systeme. Berlin u.a.
- Rautenstrauch, C.; Schulze, T. (2003): Informatik für Wirtschaftswissenschaftler und
Wirtschaftsinformatiker. Berlin u.a.
- Ray, E. T. (2004): Einführung in XML (2. Auflage). Köln
- Smolnik, S. (2006): Wissensmanagement mit Topic Maps in kollaborativen
Umgebungen. Identifikation, Explikation und Visualisierung von semantischen
Netzwerken in organisationalen Gedächtnissen. Aachen
- Widhalm, R.; Mück, T. (2002): Topic Maps. Semantische Suche im Internet. Berlin u.a.
- Wikipedia (Hrsg.) (2008a): Berlin (Kreuzfahrtschiff).
http://de.wikipedia.org/wiki/Berlin_%28Kreuzfahrtschiff%29 , Seitenabruf am
2008-06-15
- Winston-Salem State University (2008): TM4L Editor – Documentation and Help
<http://compsci.wssu.edu/iis/nsdl/editorUserGuide.html> , Seitenabruf am 2008-
07-10
- Wöhe, G.; Kußmaul H. (2002): Grundzüge der Buchführung und Bilanztechnik.
4. Auflage. München
- .

Abschließende Erklärung

Ich versichere hiermit, daß ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig, ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Magdeburg, den 26. August 2008