



Thema:

**Erstellung einer XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung
nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006**

Diplomarbeit

Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik

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

Betreuer:

Vorgelegt von: Andreas Dammert

Abgabetermin: 19.02.08

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
1 Motivation.....	1
2 Stoff- und Energiebilanzierung.....	3
2.1 Grundlagen der Stoff- und Energiebilanzierung	3
2.1.1 Betriebliche Umweltinformationssysteme	4
2.1.2 Abgrenzung der Begriffe	5
2.1.3 Ökokontenrahmen	5
2.1.4 Integration von Metainformationen	7
2.2 Bekannte Ansätze	8
2.2.1 Datenformat SPOLD.....	8
2.2.2 Schnittstellenspezifikation PAS 1025:2003	10
2.2.3 Bewertung der Ansätze	14
3 Grundlagen der Dokumenttypmodellierung	16
3.1 Vorgehensmodell.....	16
3.2 Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung	19
3.3 Integration der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung	21
3.4 Extensible Markup Language.....	22
3.4.1 XML-Schema-Definition	26
3.4.2 Extensible Stylesheet Language Transformations	34
4 Erstellung einer XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung	36
4.1 Formulierung der Zieldefinition.....	36
4.2 Analyse der wesentlichen Einflussdeterminanten.....	37
4.3 Auswahl relevanter semantischer Komponenten	41
4.4 Modellentwurf.....	42
4.4.1 Modellierungskonventionen.....	43
4.4.2 Computerunterstützte Modellierung	45
4.4.3 Integration von Metainformationen mit der EML	48
4.4.4 Grobstruktur der XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung	55
4.4.5 Zieldefinition.....	56
4.4.6 Festlegung des Untersuchungsrahmens	57
4.4.7 Sachbilanzierung.....	65
4.4.7.1 Öko-Kontenrahmen.....	66
4.4.7.2 Benutzte Einheiten	67
4.4.7.3 Prozessmodule	68

4.4.7.4	Dokumentation der Sachbilanzphase.....	73
4.4.8	Wirkungsabschätzung.....	73
4.4.8.1	Wirkungskategorien.....	75
4.4.8.2	Optionale Bestandteile.....	80
4.4.9	Auswertung.....	81
4.4.10	Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen zur Sicherstellung der Integrität.....	82
4.5	XSL-Transformation.....	85
5	Zusammenfassung.....	94
	Literaturverzeichnis.....	96
A	Tabelle der relevanten semantischen Komponenten.....	100
B	XML-Schema der Environmental Markup Language.....	105
C	XML-Schema zur Stoff- und Energiebilanzierung.....	110

Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

BUIS	Betriebliche Umweltinformationssysteme
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTD	Document Type Definition
EMAS	Eco- Management and Audit Scheme
EML	Environmental Markup Language
EN	Europäische Norm
ERP	Enterprise Resource Planning
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
GoM	Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung
HTML	Hypertext Markup Language
ISBN	International Standard Book Number
ISO	International Standard Organization
o. J.	ohne Jahr
o. O.	ohne Ort
PAS	Publicly Available Specification
PDF	Portable Document Format
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PSK	Potenzielle Semantische Komponenten
RSK	Relevante Semantische Komponenten
SGML	Standard Generalized Markup Language
SPOLD	Society for Promotion of Life-Cycle Analysis Development
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XML	Extensible Markup Language
XSL	Extensible Stylesheet Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformations

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Untergliederung von Projekten in PAS 1025:2003	11
Abb. 2.2: Materialgruppen in PAS 1025:2003	12
Abb. 2.3: Gruppierung der Kosten in PAS 1025:2003	12
Abb. 2.4: Materialdefinition in PAS 1025:2003	12
Abb. 2.5: Ressourcenliste in PAS 1025:2003	14
Abb. 2.6: Ressourcen und Stoffströme in PAS 1025:2003	14
Abb. 3.1: Vorgehensmodell der Modellierung	22
Abb. 3.2: Transformation eines XML-Dokumentes mit XSLT	34
Abb. 4.1: Benutzeroberfläche von XML-Spy in der Editor-Ansicht	46
Abb. 4.2: Benutzeroberfläche von XML-Spy in der Schema-Design-Ansicht	47
Abb. 4.3: Darstellung der Inhaltsmodelle in XML-Spy	47
Abb. 4.4: Darstellung optionaler Elemente und erweiterter Inhaltstyp in XML-Spy	48
Abb. 4.5: Inhaltsmodell des EML-Wurzelementes	49
Abb. 4.6: Informationen über den Inhalt des Dokumentes	50
Abb. 4.7: Technische Informationen des Dokumentes	52
Abb. 4.8: Informationen zum verwendeten Vokabular	52
Abb. 4.9: Angaben zum Geltungsbereich	53
Abb. 4.10: Zeitliche Abdeckung und Datum der Veröffentlichung	53
Abb. 4.11: Verantwortlichkeiten	54
Abb. 4.12: Angabe von Adressdaten	55
Abb. 4.13: Grobstruktur der XML-Schemadefinition	56
Abb. 4.14: Zieldefinition	57
Abb. 4.15: Definition des Untersuchungsrahmens	58
Abb. 4.16: Funktionen des Produktsystems	60
Abb. 4.17: Beschreibung der Systemgrenzen	61
Abb. 4.18: Auflistung der Prozessmodule	61
Abb. 4.19: Methode für die Wirkungsabschätzung	62
Abb. 4.20: Anforderungen an die Datenqualität	64
Abb. 4.21: Aspekte der kritischen Überprüfung	65
Abb. 4.22: Elemente der Sachbilanz	66
Abb. 4.23: Klassifizierung nach Öko-Kontenrahmen	67
Abb. 4.24: Auflistung der Einheiten	68
Abb. 4.25: Auflistung der Prozessmodule	69

Abb. 4.26: Informationen über die Datensammlung der Prozessmodule	69
Abb. 4.27: Zuordnung der Stoffströme	70
Abb. 4.28: Inhaltsmodell der Stoffströme	71
Abb. 4.29: Angaben zur Datenerhebung	72
Abb. 4.30: Angabe monetärer Werte	73
Abb. 4.31: Dokumentation der Erhebungsverfahren und Anweisungen für Sonderfälle	73
Abb. 4.32: Phase der Wirkungsabschätzung	75
Abb. 4.33: Auflistung der Wirkungskategorien	75
Abb. 4.34: Inhaltsmodell der Wirkungskategorien	76
Abb. 4.35: Inhaltsmodell der Charakterisierungsmodelle	77
Abb. 4.36: Zuordnung von Stoff- und Energieströmen aus der Sachbilanz	77
Abb. 4.37: Angaben zur Umweltrelevanz	79
Abb. 4.38: Dokumentation der Berechnungsverfahren	80
Abb. 4.39: Optionale Bestandteile der Wirkungsabschätzung	81
Abb. 4.40: Auswertungsphase	82
Abb. 4.41: StyleVision Oberfläche	86
Abb. 4.42: Transformierte Stoff- und Energiebilanz	87
Abb. 4.43: Auswertung	87
Abb. 4.44: Metainformationen der Dokumentinstanz	88
Abb. 4.45: Methode der Wirkungsabschätzung	89
Abb. 4.46: Informationen zu Prozessmodulen und Auflistung der Stoffströme	90
Abb. 4.47: Wirkungsabschätzung	93

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Allgemeiner Öko-Kontenrahmen am Beispiel eines produzierenden Unternehmens	6
Tab. 2.2: Feldbereiche des SPOLD-Formates	10
Tab. 4.1: Potenzielle semantische Komponenten aus DIN EN ISO 14040:2006.....	40
Tab. A.1: Relevante semantische Komponenten.....	100

1 Motivation

Das Thema Umweltschutz und die eigene Umweltleistung ist für Unternehmen nicht zuletzt unter aktuellen Gesichtspunkten des in der Öffentlichkeit diskutierten Klimawandels von zunehmender Bedeutung geworden. Neben dem steigenden Umweltbewusstsein der Bevölkerung begründen verschärfte gesetzliche Regelungen den Bedarf nach einem erfolgreichen Umweltmanagement. Zunehmend müssen sich Unternehmen dem globalen Wettbewerb stellen, ihre Umweltleistung kann dabei einen entscheidenden Erfolgsfaktor darstellen. Wesentliche Kosteneinsparungspotenziale liegen hier in der Aufdeckung von Schwachstellen des unternehmerischen Handelns.

Um eine Einschätzung der Umweltleistung vornehmen zu können, bedarf es Methoden zur systematischen Erfassung von Daten der Produktion und zur Beurteilung der damit verbundenen potenziellen Umweltwirkungen. Dieser Informationsgewinn ist die Grundlage für die Verbesserungen der Umweltleistung und kann Entscheidungsträger bei der strategischen Planung unterstützen.

Die Stoff- und Energiebilanzierung stellt eine Methodik dar, die das Unternehmen bei den Aufgaben des betrieblichen Umweltschutzes unterstützen kann. Aufgrund der oftmals heterogenen Anwendungssysteme der Unternehmen bedarf es eines universell einsetzbaren Austauschformates für die Darstellung und Verarbeitung dieser Informationen. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Erstellung einer XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung. Dabei wird ein möglichst allgemein gültiges Modell auf der Grundlage der Norm zur Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 entwickelt und darüber hinaus eine Verbindung von ökologischen und ökonomischen Informationen angestrebt.

Aufbau der Arbeit

Im zweiten Kapitel erfolgt zunächst eine Einführung in das Thema der Stoff- und Energiebilanzierung. Dabei wird auf die Rolle der betrieblichen Umweltinformationssysteme eingegangen und die Norm zur Ökobilanzierung als Grundlage für die XML-Schemadefinition im Rahmen dieser Arbeit herausgestellt. Es folgt eine Vorstellung bekannter Ansätze aus dem Bereich der Austauschformate für Umweltdaten.

Im dritten Kapitel werden die Grundlagen für die Erstellung einer XML-Schemadefinition erläutert. Dabei wird ein Vorgehensmodell präsentiert, welches die schrittweise Modellierung einer Dokumenttypdefinition ermöglicht. Die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung können dabei helfen, die Qualität eines Modells zu erhöhen. Sie werden deshalb als wichtiges Instrument vorgestellt. Darüber hinaus werden

Grundlagen der Auszeichnungssprache XML und der XML-Schema-Definition erläutert.

Der Hauptteil dieser Arbeit befasst sich in Kapitel vier mit der Erstellung der XML-Schemadefinition. Dabei werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells durchlaufen und deren Ergebnisse erläutert. Zunächst werden allgemeine Modellierungskonventionen festgelegt, die bei der Erstellung des Modells Anwendung finden und die für die Modellierung benutzte Software XML-Spy vorgestellt. In einem nächsten Schritt findet eine Umwandlung der für die Darstellung von Metainformationen vorgesehene *Environmental Markup Language* in eine XML-Schemadefinition statt. Im Hauptteil des Kapitels werden die Bestandteile der erstellten XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung detailliert erläutert und dabei auf Eigenschaften des Modells eingegangen. Letztendlich wird eine Transformation für das Schema vorgestellt, die eine Umwandlung einer Dokumentinstanz des erstellten Schemas in ein HTML-Dokument vornimmt.

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

2 Stoff- und Energiebilanzierung

2.1 Grundlagen der Stoff- und Energiebilanzierung

Der Begriff des Umweltmanagements umfasst die gesamten Managementfunktionen, welche die Gesamtziele und Handlungsgrundsätze eines Unternehmens in der Umweltpolitik bestimmen. Er bezieht sich auf die Ausführung der Funktionen und Aufgaben, im Rahmen des betrieblichen Umweltschutzes.¹

Die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) hat bereits im Jahr 1993 mit der Verordnung Nr. 1836/93 die Grundlage eines Gemeinschaftssystems für Unternehmen geschaffen, die – auf freiwilliger Basis – ihre Umweltleistungen verbessern wollen. Die sogenannte EMAS-Verordnung (EMAS, kurz für: Eco- Management and Audit Scheme) zielt auf ein Zusammenspiel von Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung ab. Die Umweltbetriebsprüfung ist „[...] ein Managementinstrument, das eine systematische, dokumentierte, regelmäßige und objektive Bewertung der Umweltleistung der Organisation, des Managementsystems und der Verfahren zum Schutz der Umwelt umfasst [...]“², und stellt eine Grundlage für die Zertifizierung nach EMAS dar.

Eine weitere Richtlinie, die zur Verbesserung der Umweltleistungen eines Unternehmens führen soll, wurde von der *International Standard Organisation (ISO)* im Jahre 1996 mit der Umweltmanagementnorm ISO 14001 geschaffen. Für die Erreichung der Umweltziele wird ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess der Umweltleistung als Schwerpunkt gesetzt. Im Zuge der 14000er Normenreihe der ISO, werden Anforderungen an das Umweltmanagement und die Umweltmanagement-Systeme gestellt.

Um eine unnötige Mehrbelastung der Unternehmen im europäischen Raum durch die Koexistenz von EMAS-Verordnung und der international gültigen Norm ISO 14001 zu verhindern, wurde die EMAS-Verordnung im Jahre 2001 in einer novellierten Fassung verabschiedet. Der zuvor auf produzierende Unternehmen eingeschränkte Anwendungsbereich wurde dabei auf alle Organisationen erweitert und eine Integration der Anforderungen an das Umweltmanagement-System nach ISO 14001 vorgenommen. Da die Anforderungen in der Neufassung der EMAS-Verordnung mit denen der ISO 14001 identisch sind, wird es den Anwendern ermöglicht „[...] ohne Doppelarbeit von der ISO 14001 zu EMAS weiterzugehen.“³

¹ Vgl. Arndt (1997), S. 96.

² Europäisches Parlament und Europäischer Rat (Hrsg.) (2001), S. 5.

³ Umweltbundesamt (Hrsg.) (2001), S. 28.

2.1.1 Betriebliche Umweltinformationssysteme

Nicht zuletzt ergibt sich der Bedarf nach einem erfolgreichen Umweltmanagement aus den Anforderungen der EMAS-Verordnung und der Normenreihe der ISO. Die *Betrieblichen Umweltinformationssysteme (BUIS)* unterstützt dabei die Unternehmensführung und die operativen Unternehmensbereiche bei der Planung, Steuerung und Durchführung von Umweltschutzmaßnahmen, indem sie umweltrelevante Informationen bereitstellen. Sie sind das Hauptinstrument des betrieblichen Umweltcontrollings, welches die Aufgabe hat, gegenwärtige und zukünftige Erfolgspotenziale aufzuspüren und Risikopotenziale zu erkennen.⁴ Die dafür benötigten Daten müssen aus unterschiedlichen Bereichen der betrieblichen Anwendungslandschaft erfasst und verarbeitet werden. So stellen beispielsweise Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) eine Vielzahl von Informationen über verwendete Materialien oder Montageverfahren bereit.⁵

Grundsätzlich lassen sich BUIS unterscheiden in:⁶

- BUIS auf der Grundlage von Stoff- und Energiebilanzen: Aussagen über die Umwelteinwirkungen sollen durch die Gegenüberstellung von stofflichen und energetischen In- und Outputs getroffen werden.
- BUIS als Umwelt-PPS-Systeme: Eine Ergänzung herkömmlicher PPS-Systeme durch betriebs- und umweltbezogene Daten soll dem daraus entstehenden Umwelt-PPS-System, die Dokumentation, Planung, Steuerung und Überwachung als umweltbezogene Aufgabe ermöglichen.
- Kombinierte BUIS: Daten aus einzelnen umweltbezogenen Fachinformationssystemen, die als Stand-Alone-Systeme aufgrund gesetzlicher Regelungen vorhanden sind, werden redundanzfrei zusammengefasst und bilden die Datenbasis für ein unternehmensindividuelles, kombiniertes BUIS.

Im Gegensatz zu den BUIS als Umwelt-PPS-Systeme und kombinierten BUIS mit ihrem unternehmensindividuellen Charakter, stellen BUIS auf der Grundlage von Stoff- und Energiebilanzierung eine weitgehend standardisierte und branchenneutrale Vorgehensweise dar.⁷ Da sich Umwelteinwirkungen letztendlich auf Einbringung oder Entnahme von Stoff- und Energieflüssen in bzw. aus der Umwelt zurückführen lassen, ist

⁴ Vgl. Kottmann (1997), S. 114 f.

⁵ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 2-11.

⁶ Vgl. Arndt (1997), S. 164 f.

⁷ Vgl. Arndt (1997), S. 165-168.

die Erfassung von Stoff- und Energieströmen eine wichtige Grundlage für die Unterstützung der Umweltmanagementaufgabe.⁸

2.1.2 Abgrenzung der Begriffe

Eine „systematische Erfassung der ökologischen Aspekte des unternehmerischen Handelns“⁹ wird ökologische Bilanzierung oder Ökobilanz genannt. Die Ausgabe des *Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN)* der *Europäischen Norm (EN)* zur Ökobilanzierung, DIN EN ISO 14040:2006, definiert den Begriff Ökobilanz als „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“¹⁰. Der Lebensweg betrachtet dabei alle Phasen eines Produktes, von der Rohstoffgewinnung oder -erzeugung bis zur Beseitigung.¹¹

Eine Abgrenzung des Begriffs ‚Ökobilanzierung‘ von dem Begriff der ‚Stoff- und Energiebilanzierung‘ kann dadurch getroffen werden, dass von einer Ökobilanz gesprochen werden soll, wenn eine (überbetriebliche) Produktbilanzierung gemeint ist. Dagegen stellt die Stoff- und Energiebilanzierung eine Flussrechnung eines stofflichen Systems dar, die sich in der Regel auf einen Produktionsprozess oder ein Produkt bezieht und einen Periodenbezug aufweist.¹²

Beide Methoden haben die Gegenüberstellung der Input- und Outputströme eines Produktes oder Produktsystems gemein, die als Sachbilanz bezeichnet wird.¹³

2.1.3 Ökokontenrahmen

Neben der reinen Erfassung von Stoff- und Energieströmen, stellen insbesondere die damit verbundenen Kosten eine wertvolle Information aus Sicht des Umweltmanagements/-controllings dar. In ARNDT (1997) wird deshalb eine Erweiterung des Konzeptes der Sachbilanz in Anlehnung an die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung vorgeschlagen, die neben der Erfassung der Mengenströme eine zusätzliche Erfassung von Wertströmen im Rahmen der Sachbilanzierung vorsieht. Dadurch wird eine Ver-

⁸ Vgl. Arndt (1997), S. 166.

⁹ Arndt (1997), S. 169.

¹⁰ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 7.

¹¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 7.

¹² Vgl. Arndt (1997), S. 170.

¹³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 8.

bindung von ökonomischen und ökologischen Informationen und letztendlich ein Bezug der stoffstrombezogenen Kosten auf eventuelle Umwelteinwirkungen erreicht.¹⁴

Der sogenannte *Öko-Kontenrahmen* ermöglicht dabei eine Ordnung und Strukturierung der Stoff- und Energiebilanz, sodass ökologisch gleich oder ähnlich zu beurteilende Stoffe in Gruppen zusammengefasst werden können. In **Tab. 2.1** ist ein allgemeiner Öko-Kontenrahmen wiedergegeben. Auf der linken Seite werden alle Input-Werkstoffe und Input-Energien, auf der rechten Seite alle Output-Produkte und Output-Emissionen zugeordnet. Sind zu den Stoffen und Energien in einem Öko-Kontenrahmen Mengenangaben enthalten, spricht man von einem *Öko-Kontenrahmen mit Mengenströmen*. Werden darüber hinaus Angaben über den Wert bzw. die Kosten vorgenommen, spricht man von einem *Öko-Kontenrahmen mit Mengen- und Wertströmen*.¹⁵

Tab. 2.1: Allgemeiner Öko-Kontenrahmen am Beispiel eines produzierenden Unternehmens

1 Input-Werkstoffe	3 Output-Produkte
1.1 Rohstoffe	3.1 Selbsterstellte Produkte
1.2 Hilfsstoffe	3.2 Kuppelprodukte
1.3 Betriebsstoffe	3.3 Sekundärprodukte
1.4 Halbfabrikate/Verbundstoffe	3.4 Handelswaren
1.5 Luft	4 Output-Emissionen
1.6 Wasser	4.1 Abfälle
1.7 Büromaterialien	4.2 Abluft
1.8 Waren (Handelswaren)	4.3 Abwasser
2 Input Energien	4.4 Energetische Emissionen
2.1 Primärenergien	
2.2 Elektroenergie	
2.3 Verkehr	

Quelle: Arndt (1997), S. 199

Je nach Art des Unternehmens muss ein individueller Öko-Kontenrahmen erstellt werden. Eine weitere Unterteilung des Öko-Kontenrahmens lässt sich vornehmen, indem gleiche Stoffe, Energien, Produkte und Emissionen gruppiert werden. Auf der untersten Ebene sollte diese Gruppierung (die sogenannte Kosten-/Umwelt-Art) einer Kostenart bzw. einem Konto der Finanzbuchhaltung entsprechen, um die Informationsbeschaffung zu erleichtern.¹⁶

Im Rahmen dieser Arbeit wird folglich von der Stoff- und Energiebilanzierung gesprochen, wobei die in den Normen zur Ökobilanzierung beschriebenen Bestandteile gemeint sind, die durch eine Einordnung der Stoffe und Energien in den Ökokonten-

¹⁴ Vgl. Arndt (1997), S. 197 ff.

¹⁵ Vgl. Arndt (1997), S. 197 ff.

¹⁶ Vgl. Arndt (1997), S. 200.

rahmen mit Mengen und Wertströmen ergänzt werden. Zwar werden in der Norm ausdrücklich keine ökonomischen Sachverhalte berücksichtigt, doch wird freigestellt, die beschriebene Methodik der Ökobilanzierung auf andere Gesichtspunkte zu erweitern.¹⁷ Insofern stellt die besprochene Herangehensweise, einer Stoff- und Energiebilanzierung auf der Grundlage der Ökobilanzierung, mit einer Einordnung der Stoffe und Energien in den Ökokontenrahmen mit Mengen und Wertströmen, keinen Widerspruch dar.

2.1.4 Integration von Metainformationen

Für eine Integration der bei der Stoff- und Energiebilanz gewonnenen Daten in BUIS oder anderen (Management)-Informationssystemen der betrieblichen Anwendungslandschaft ist es erforderlich, Informationen über den eigentlichen Inhalt einer Stoff- und Energiebilanz bereitzustellen, um diese nachvollziehen zu können.¹⁸

Es müssen Informationen bereitstehen, welche die Ziele, das Erkenntnisinteresse und die Grenzen der Informationserhebung (Untersuchungsrahmen) angeben.¹⁹ Diese sogenannten Metainformationen können als Zusatzinformationen aufgefasst werden, die folgende Aufgaben unterstützen:²⁰

- Lokalisieren benötigter Daten oder anderer Informationen, im Sinne eines Wegweisers (Wo sind Informationen zu einem bestimmten Untersuchungsgegenstand zu finden?).
- Physikalischen Zugriff auf die lokalisierten Daten ermöglichen, inklusive Fragen des Zugriffsschutzes (z. B. Verweis auf Dateien).
- Nutzung der gewonnenen Daten durch Bereitstellung des Datenkontextes (z. B. Klärung der Frage: In welchem Zeitraum wurden die Daten, auf welche Art erfasst?)

Die Norm zur Ökobilanzierung gibt mit den Anforderungen an die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens bereits eine Reihe von Informationen vor, die für eine korrekte und genaue Interpretation der Ergebnisse sorgen sollen und schreibt unter anderem die Dokumentation von Angaben über die Qualität der Daten vor. Dabei mangelt es jedoch an Angaben über das Dokument selbst, wie z. B. verwendete Sprachen, Datum der letzten Änderung, Kontaktinformationen, etc. Die Angabe von

¹⁷ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 6.

¹⁸ Vgl. Arndt (1997), S. 185.

¹⁹ Vgl. Arndt/Günther (1997), S. 9.

²⁰ Vgl. Arndt/Günther (1997), S. 10.

zusätzlichen Metainformationen wird als wichtig erachtet, um eine reibungslose Integration und Nutzung von Daten der Stoff- und Energiebilanzierung zu ermöglichen.

Environmental Markup Language

Die Environmental Markup Language (EML) stellt eine Auszeichnungssprache für die Angabe von Metainformation auf der Grundlage von XML dar. Sie wurde als Ergebnis des ersten EML-Workshops im Jahr 1999 von der *Arbeitsgruppe EML-UIS* an der Humboldt-Universität, Berlin entwickelt. Sie wird definiert als: „Menge von Empfehlungen für den nationalen und internationalen Gebrauch von XML im Bereich des Austausches von Umweltinformationen.“²¹

Die EML stellt ein Konzept für die Strukturierung des Themengebietes ‚Umwelt‘ bereit und ermöglicht die semantische Verarbeitung und Strukturierung von Umweltinformationen.²² Die aktuell vorliegende Version der EML, beinhaltet unter anderem Elemente zur Angabe von allgemeinen Datensatzinformationen, Informationen über Datenquellen, Anwendungsbereich und Verantwortlichkeiten. Eine detaillierte Erläuterung der EML ist in Kapitel 4.4.3, S. 49 zu finden.

2.2 Bekannte Ansätze

Nachdem in den vorangehenden Abschnitten eine Einführung in das Thema der Stoff- und Energiebilanzierung im Kontext der betrieblichen Umweltinformationssysteme gegeben wurde und eine Abgrenzung der Begriffe vorgenommen wurde, folgt in diesem Abschnitt eine Vorstellung bekannter Ansätze aus dem Bereich der Datenformate für den Austausch von Umweltdaten.

2.2.1 Datenformat SPOLD

Auf der Ebene der Datenformate wurden in der Vergangenheit bereits Anstrengungen unternommen, um den Austausch von Sachbilanzdaten zu unterstützen. Die 1992 gegründete *Society for Promotion of Life-Cycle Analysis Development (SPOLD)* setzte sich für die Entwicklung der Ökobilanzierung ein und hat im Rahmen ihrer Aktivitäten, neben einer Reihe von Publikationen ein Datenformat erstellt, das dem elektronischen Austausch von Ökobilanzdaten dient. Das Ziel des sogenannten SPOLD-Formates ist es, das Verständnis zu erhöhen und den Vergleich und Austausch von Daten zu ermög-

²¹ Arbeitsgruppe EML-UIS (Hrsg.) (1999), S. 116.

²² Vgl. Arndt (2000), S. 2.

lichen, unabhängig davon, wie sie in ihrer ursprünglichen Form gespeichert wurden. Im Jahr 2001 wurden die Aktivitäten der SPOLD eingestellt.²³

In dem SPOLD-Format werden Informationen in Datensätzen gespeichert, wobei jeder Datensatz einer Textdatei entspricht. Jede Zeile einer solchen Datei repräsentiert ein Feld des Datensatzes, das aus einem Feld- oder Bereichsbezeichner, einem Feldzähler und dem eigentlichen Inhalt besteht. Diese einzelnen Elemente werden durch einen Tabulator voneinander getrennt.

Die Bezeichnung jedes Feldes und Feldbereichs ist durch die SPOLD-Spezifikation vorgegeben. Feldbereiche gruppieren Elemente nach Ihrer Zugehörigkeit zu verschiedenen Themenbereichen. In **Tab. 2.2**, S. 10, sind alle Feldbereiche der Spezifikation zusammengefasst. Das SPOLD-Format stellt beispielsweise Felder für die Angabe von Datensatzinformationen, des zeitlichen Erfassungsbereichs oder Informationen über Personen zur Verfügung.

Die Länge und das Format eines jeden Feldes werden in der Spezifikation vorgegeben. Dabei wird zwischen Text, verschiedenen Zahlendatentypen (‘float‘, ‘decimal‘, ‘integer‘) und Datumsangaben unterschieden. Durch die Angabe von Identifikationsnummern, können Felder zugeordnet werden. So kann beispielsweise eine Person, deren Daten im Feldbereich `Persons` hinterlegt sind, einem Feld `Person` in dem Feldbereich `DataGeneratorAndPublication` zugeordnet werden, was der Angabe einer für die Veröffentlichung verantwortlichen Person entspricht.

Das SPOLD-Format wurde in der Vergangenheit oftmals kritisiert. In ERIXON/ÅGREN (1998) werden einige bedeutende Nachteile des SPOLD-Formats diskutiert. So wird bemängelt, dass keine Anleitung existiert, in der die Bedeutung der verwendeten Feldbezeichner beschrieben ist. Dadurch wird der Einstieg in die Verwendung des Formates erschwert. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Art und Weise, wie Produktsysteme und Prozessmodule in dem Format konstruiert werden. Fehlende Dokumentationsmöglichkeiten, führen dazu, dass es unmöglich wird, Stoffströme und Produktsysteme Prozessen zuordnen zu können. Begrenzungen des Formates sorgen außerdem dafür, das oftmals nicht alle vorhandenen Informationen angegeben werden können.²⁴

²³ Vgl. Weidema (1999); Weidema (o. J.).

²⁴ Vgl. Erixon/Ågren (1998), S. 22.

Tab. 2.2: Feldbereiche des SPOLD-Formates

Area name	Field ID Range
DataSetInformation	201 – 299
DataEntryBy	300 – 399
ReferenceFunction	400 – 599
TimePeriod	600 – 659
Geography	660 – 689
Technology	690 – 719
Representativeness	720 - 749
DataGeneratorAndPublication	750 - 799
Sources	800 -1199
SubsystemsCentralProcess	1200 - 1799
CutOffRules	1800 - 1999
Screenings	2000 - 2399
Allocations	2400 - 2599
EnergyModels	2600 - 2799
TransportModels	2800 - 2900
WasteModels	3000 - 3199
Other	3200 - 3399
Exchanges	3400 - 5399
Validations	5400 - 5799
Persons	5800 - 5899

Quelle: Vgl. Weidema (1999), S. 4

2.2.2 Schnittstellenspezifikation PAS 1025:2003

Eine aktuelle Anwendung von XML für den Austausch von umweltrelevanten Daten stellt die öffentlich verfügbare Spezifikation (Publicly Available Specification, kurz PAS) PAS 1025:2003 dar. Sie definiert eine XML-Schemadefinition, die eine Schnittstelle für den Datenaustausch zwischen *Enterprise-Resource-Planning- (ERP)* und *Umweltinformationssystemen* darstellt. Da ERP-Systeme alle Geschäftsprozesse eines Unternehmens abbilden, können sie eine wichtige Datenquelle für das Umweltcontrolling darstellen. Mit Hilfe der Spezifikation soll ermöglicht werden, die in den ERP-Systemen anfallenden Daten, in BUIS zusammenzuführen und auszuwerten.²⁵

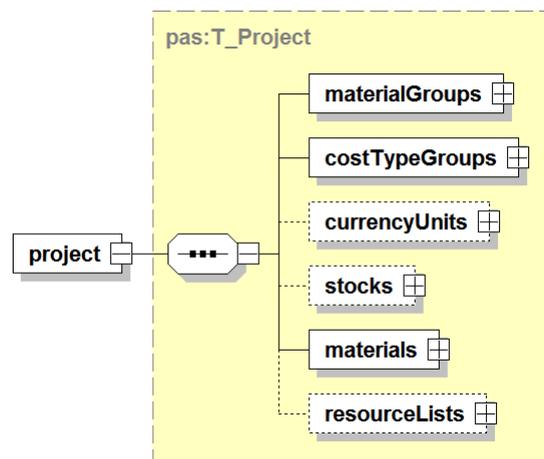
In der PAS 1025:2003 Spezifikation werden Daten in Projekten gesammelt und dabei eine Unterscheidung zwischen Stammdaten und Bewegungsdaten vorgenommen. (Material-)Stammdaten werden über einen längeren Zeitraum benötigt und nur selten geändert. Bewegungsdaten haben eine begrenzte Lebensdauer und werden durch einen

²⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 5.

vorgegebenen Lebenszyklus mit Statuszuständen beschrieben. Sie weisen einen konkreten Zeitbezug auf, der wichtig für die Interpretation der Informationen ist.²⁶

Die Materialstammdaten (`materials`) und weitere Informationen sind in Projekten (`project`) zusammengefasst (siehe **Abb. 2.1**). Zur Gliederung werden diese Stammdaten Materialgruppen (`materialGroups`) und Kostenartenschlüsseln (`costTypeGroups`) zugeordnet. Ergänzend lassen sich Währungseinheiten (`currencyUnits`) und Umrechnungsfaktoren hinterlegen. Eine Abbildung der Lagerbelegung zum Projektbeginn und -ende kann in dem Element `stocks` vorgenommen werden.²⁷

Das Element `resourceLists` dient der Abbildung der Bewegungsdaten. Dabei wird eine Ressource durch die Zuordnung von Stoffströmen zu einem Arbeitsprozess bestimmt. Die Liste der Ressourcen ordnet die Abläufe zwischen den Arbeitsprozessen und belegt sie mit Kosten.²⁸



Quelle: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 7

Abb. 2.1: Untergliederung von Projekten in PAS 1025:2003

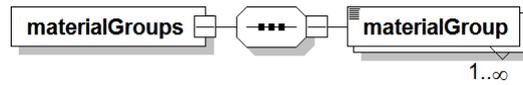
Materialgruppen

Die Materialgruppen dienen der Organisation von Materialien und ermöglichen eine hierarchische Zuordnung, indem die Angabe einer übergeordneten Materialgruppe ermöglicht wird. Es können somit beliebig viele Materialgruppen definiert werden, die zueinander in Beziehung stehen (siehe **Abb. 2.2**, S. 12).

²⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 16.

²⁷ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 7.

²⁸ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 16.

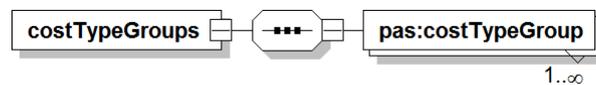


Quelle: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 9

Abb. 2.2: Materialgruppen in PAS 1025:2003

Kostenartenschlüssel

Zur Gliederung von Kosten, sind innerhalb eines Projektes Kostenartenschlüssel, analog zu den zuvor beschriebenen Materialgruppen definiert (siehe **Abb. 2.3**). Dabei wird ebenso eine hierarchische Zuordnung von Kostenarten-Gruppen zu übergeordneten Gruppen ermöglicht.

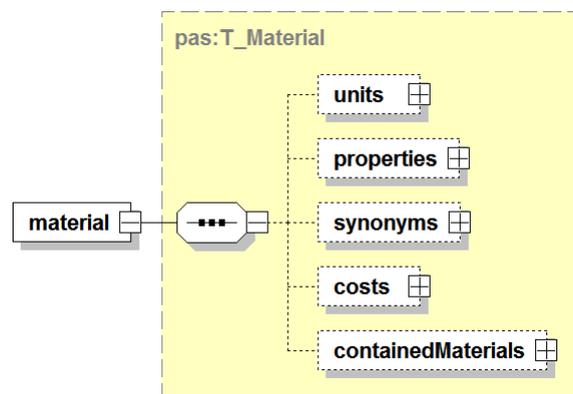


Quelle: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 12

Abb. 2.3: Gruppierung der Kosten in PAS 1025:2003

Materialien

In dem Element `materials` findet analog zu den Materialgruppen eine Auflistung einzelner Materialstammdaten (`material`) statt. Diese werden durch die Angabe von Einheiten (`units`), Eigenschaften (`properties`), synonymen Bezeichnungen (`synonyms`), Kosten (`costs`) und Stoffbestandteilen (`containedMaterials`) beschrieben (siehe **Abb. 2.4**: Materialdefinition in PAS 1025:2003).



Quelle: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 10

Abb. 2.4: Materialdefinition in PAS 1025:2003

Stoffbestandteile entsprechen vom Aufbau her dem Element `material`, werden aber durch die Angabe der Menge und einer Einheit ergänzt und können selbst weitere Stoffbestandteile enthalten.²⁹

Für die Darstellung der Kosten sind dem Element `costs` Attribute für die Angabe von Bewertungspreis, Durchschnittspreis, Marktpreis, Währung, Kosten, Kostenart und Kontenrahmen zugeordnet.³⁰

Ressourcenlisten und Stoffströme

Unter dem Begriff Ressource werden nach PAS 1025:2003 alle Produktionsfaktoren zusammengefasst, die der betrieblichen Leistungserstellung dienen. Beispielsweise werden alle Artikel (Endprodukte, Einkaufsteile, Handelswaren, Gefahrstoffe), verfügbare Kapazitäten, Werkzeuge, Reststoffe, Daten der Geschäftspartner und weiteres, als Ressourcen betrachtet.³¹

Ressourcenlisten stellen eine Sammlung aller für die Herstellung eines Produktes notwendigen Ressourcen und Arbeitsabläufe dar. Es werden in einer Ressourcenliste Beschreibungen, Vorgabezeiten, Mengenfaktoren, Terminierungsangaben und Parameter für die Fertigungspapiere angegeben. Darüber hinaus muss jede Ressourcenliste mindestens enthalten:³²

- eine Standard-Stückliste, bestehend aus Materialien, Baugruppen, Unterpositionen,
- den Arbeitsplan, bestehend aus den für die Fertigung notwendigen Arbeitsgängen,
- Vorgabezeiten der Arbeitsgänge und
- Mengenangaben zur Produktherstellung.

Das Element `resourceLists` besteht aus einer Auflistung von Ressourcenlisten, denen wiederum Ressourcen zugeordnet werden (siehe **Abb. 2.5**, S. 14).

²⁹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 11.

³⁰ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 19 f. und 34.

³¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 21.

³² DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 22.



Abb. 2.5: Ressourcenliste in PAS 1025:2003

In dem Element `resource` werden eine beliebige Anzahl von Stoffströmen (`flowMaterials`) aufgeführt und einem Arbeitsprozess (Fertigungsschritt) zugeordnet (siehe **Abb. 2.6**). Ergänzend kann eine Zuordnung der Ressource zu einer Kostenstelle (`costCenter`) durchgeführt werden.

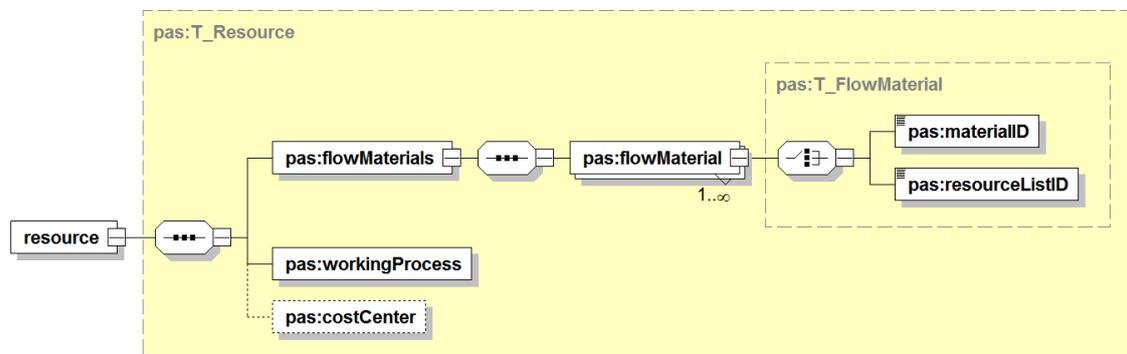


Abb. 2.6: Ressourcen und Stoffströme in PAS 1025:2003

Ein Stoffstrom (`flowMaterial`) wird durch eine Identifikationsnummer oder einen Verweis auf eine Ressourcenliste bestimmt. Angaben zur Menge, Einheit, die Art des Flusses, etc. werden als Attribute zugeordnet.

2.2.3 Bewertung der Ansätze

Nachdem in den vorangehenden Abschnitten bekannte Ansätze für den Austausch von Umweltdaten erläutert wurden, wird im folgenden auf die Vor- und Nachteile dieser Ansätze eingegangen und daraus eine Begründung für die Aufgabenstellung im Rahmen dieser Arbeit abgeleitet.

Die geübte Kritik am SPOLD-Format und nicht zuletzt die Tatsache, dass dessen Entwicklung eingestellt wurde, begründen den Bedarf nach einem flexibleren Format für die Speicherung und den Austausch umweltbezogener Informationen.

Das in der Spezifikation PAS 1025:2003 angegebene Format ist ein Datenformat für den Austausch umweltrelevanter Daten aus dem Bereich der ERP-Systeme. Es zielt auf eine Integration der Materialstammdaten und der für die Produktion benötigten Ressourcen und Arbeitsprozesse, aus den ERP-Systemen ab. Dabei werden jedoch keine

potenziellen Umweltwirkungen, die mit den Arbeitsprozessen verbunden sind, erfasst. Für eine Auswertung im Rahmen des Umweltmanagements müssen die Daten mit „komplementären Umweltdaten“³³ ergänzt werden. Demnach stellt sich das Austauschformat nach PAS 1025:2003 für die Stoff- und Energiebilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 als nicht geeignet dar, kann aber als Datengrundlage dienen, die für die Erstellung einer Stoff- und Energiebilanz benötigt werden.

Daraus begründet sich der Bedarf nach einem flexiblen Format für die Stoff- und Energiebilanzierung, das nicht den Einschränkungen des SPOLD-Formates unterlegen ist und dabei über die Möglichkeiten der PAS 1025:2003 hinausgeht.

Im folgenden Kapitel werden wichtige Grundlagen der Dokumenttypgestaltung erläutert, die für die Modellierung einer XML-Schemadefinition im Rahmen dieser Arbeit von Interesse sind.

³³ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003), S. 5.

3 Grundlagen der Dokumenttypmodellierung

Dieses Kapitel befasst sich mit den Grundlagen der Dokumenttypmodellierung. Dabei wird zunächst ein Vorgehensmodell aufgestellt, nach dem die XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung erstellt werden soll. Im Anschluss daran werden die *Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung* beschrieben und auf ihre Rolle in dem Vorgehensmodell hingewiesen. Der abschließende Teil erläutert wichtige Grundlagen der Auszeichnungssprache XML und der XML-Schemadefinition. Zunächst wird eine kurze Einführung in das Thema der Dokumenttypmodellierung gegeben.

Bei der Dokumenttypmodellierung wird mit Hilfe von Auszeichnungssprachen ein Modell für die Repräsentation einer Dokumentklasse erstellt. Ein Modell ist ein immaterielles, abstraktes Abbild der Realität (der Strukturen bzw. des Verhalten), für die Zwecke eines Modelladressaten (Subjekt) und kann als adäquates, vereinfachendes und idealisierendes Abbild der Realität gesehen werden.³⁴

Die Dokumente einer Klasse werden durch Einschränkungen der Dokumentstruktur (des Aufbaus) und des Inhalts (erlaubte Zeichen und Datentypen) definiert. Diese sogenannte Dokumenttypdefinition macht eine Unterscheidung von Dokumenten verschiedener Klassen möglich und liefert die Grundlage für einen Vergleich, ob ein Dokument einer Dokumentklasse angehört (Validierung).

Da die Bildung eines Modells eine Abstraktion der realweltlichen Situation erfordert, ist ein planmäßiges, systematisches Vorgehen notwendig. Ein Vorgehensmodell stellt dazu für die einzelnen Aufgabeneinheiten des Entwicklungsprozesses ein Regelwerk bereit.³⁵

Im folgenden Abschnitt wird deshalb ein Vorgehensmodell für die Erstellung der XML-Schemadefinition im Rahmen dieser Arbeit aufgestellt.

3.1 Vorgehensmodell

In SCHRAML (1997) wird als Ergebnis einer kritischen Betrachtung anerkannter Ansätze, ein erweitertes Konzept aufgestellt, das versucht, ausgewählte Modellansätze unter Effektivitäts- und Effizienzgesichtspunkten zu verbessern. Dabei wird ein Vorgehensmodell für die Entwicklung von Dokumenttypdefinitionen vorgeschlagen, das an die klassischen Phasenmodelle des *Software Engineering* angelehnt ist.³⁶

³⁴ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 225.

³⁵ Vgl. Schraml (1997), S. 91; Daum (2003), S. 14.

³⁶ Vgl. Schraml (1997), S. 122-176.

Da dieses Vorgehensmodell allgemein gehalten ist, betrachtet es die Aufgabenstellung praxisbezogen und berücksichtigt z. B. Punkte der Projektplanung, Restriktionen der Umsetzung oder eine Analyse bereits vorhandener Dokumentinstanzen. Da die Modellierung im Rahmen dieser Arbeit gewissen Restriktionen unterlegen ist (prototypischer Charakter, kein Projekt im Sinne einer Teamarbeit, keine Betrachtung von Dokumentinstanzen), wird im Folgenden ein angepasstes Vorgehensmodell in Anlehnung an SCHRAML aufgestellt.

Phase 1: Zieldefinition

Die erste Phase des Vorgehensmodells zur Modellierung einer Dokumenttypdefinition umfasst generelle Sachverhalte des durchzuführenden Projektes. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Zieldefinition des Entwicklungsprojektes. Es wird klar beschrieben, für welche Dokumentklasse die Dokumenttypdefinition erstellt werden soll und welche Anforderungen an diese gerichtet werden.³⁷

Phase 2: Analyse der wesentlichen Einflussdeterminanten

Gegenstand der zweiten Phase des Entwurfs einer Dokumenttypdefinition ist zunächst die Analyse der Parameter, die wesentlichen Einfluss auf das Dokumenttypmodell ausüben. Dabei wird zwischen den Rahmenbedingungen einerseits und den Anforderungen, die sich durch die Aufgabenstellung oder Ansprüche der Nutzer ergeben, andererseits, unterschieden. Als Rahmenbedingungen werden Faktoren bezeichnet, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang zu den Dokumentinstanzen oder Nutzerprofilen stehen, sondern abstrakter, reglementarischer Natur sind. Beispielhaft seien gesetzliche Regelungen, organisationale Vereinbarungen oder Richtlinien zur Standardisierung der Dokumente einer Dokumentklasse genannt.³⁸

Da im Rahmen dieser Arbeit keine generell konkurrierenden Rahmenbedingungen oder Anforderungen an ein Dokumenttypmodell gestellt werden, kann auf eine Priorisierung von Einflussdeterminanten, wie sie SCHRAML (1997) vorschlägt, verzichtet werden. Dennoch lässt sich in diesem Fall ein geordnetes Vorgehen aus dem hierarchischen Zusammenhang der in Betracht zu ziehenden Normvorschriften ableiten.³⁹

Zunächst werden die Rahmenbedingungen schrittweise, im Hinblick auf die inhaltlichen Angaben und Aussagen und deren Struktur, analysiert. Diese Analyse wird sukzessive

³⁷ Vgl. Schraml (1997), S. 146.

³⁸ Vgl. Schraml (1997), S. 150.

³⁹ Vgl. Schraml (1997), S. 151 f.

für alle weiteren Anforderungen durchgeführt. Das Ergebnis sind geordnete Aufstellungen sogenannter *potenzieller semantischer Komponenten (PSK)* in tabellarischer Form. Die semantischen Komponenten stellen entweder Inhaltskomponenten dar, die einem bestimmten Informationszweck dienen, oder sind Verantwortlich für die Strukturierung der Dokumentinstanzen. Sie werden zunächst separat vorgehalten, um eine Übersicht über die verschiedenen Einflussdeterminanten zu gewährleisten.

Phase 3: Auswahl relevanter semantischer Komponenten

Die Phase drei des Vorgehensmodells umfasst die Auswahl der *relevanten semantischen Komponenten (RSK)*. In dieser Phase werden Entscheidungen darüber getroffen, welche potenziellen semantischen Komponenten in das Modell einfließen sollen. Dazu werden die zuvor separat gesammelten PSK zusammengeführt und ebenfalls grob nach ihrem inhaltlichen Zusammenhang strukturiert. Es werden jeweils eindeutige Bezeichnungen für die spätere Modellierung aufgestellt. Die so erstellte Liste der RSK dient als Grundlage für die folgende Modellierung der Dokumenttypdefinition.

Phase 4: Modellentwurf

In der vierten Phase des Vorgehensmodells werden die Beziehungen der relevanten semantischen Komponenten untereinander und in Bezug auf die gesamte Dokumenttypdefinition festgelegt. Nach dem Top-down-Prinzip wird dabei die Dokumentstruktur in einem iterativen Prozess von der Grobstruktur in eine Feinstruktur mit hohem Detaillierungsgrad überführt. Die Qualität des Modells wird dabei durch das Testen von Beispieldokumenten, auf die Funktionen des erstellten XML-Schemas, erhöht.

Das Vorgehensmodell stellt ein geordnetes, schrittweises Vorgehen bei der Erstellung einer Dokumenttypdefinition sicher. Allerdings liefert es keine Richtlinien für die Modellierung selbst. Es erscheint notwendig, weitere Gestaltungsempfehlungen anzuwenden, um die Qualität des Modells zu erhöhen. So schreibt RAUTENSTRAUCH (1999): „Lässt man mehrere Modellierer den selben komplexen Sachverhalt modellieren, korreliert die Anzahl Modelle erfahrungsgemäß eng mit der Anzahl Modellierer.“⁴⁰

Die *Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (GoM)* werden deshalb als Richtlinien für die Phasen der Erstellung einer Dokumenttypdefinition und dabei insbesondere der Modellierungsphase angesehen.

⁴⁰ Rautenstrauch (1999), S. 252.

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Erläuterung der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung.

3.2 Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung

In ROSEMANN (1996) werden die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung als Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung angegeben. Das Ziel der GoM ist die Reduktion der Subjektivität des Modellierers bei der Erstellung eines Modells. Sie lassen sich in drei notwendige und drei ergänzende Grundsätze unterteilen.⁴¹ Die notwendigen Grundsätze sollten unbedingt eingehalten werden, da sie bedeutende Anforderungen an Modelle formulieren.

Notwendige Grundsätze

Der *Grundsatz der Richtigkeit* unterscheidet zwischen syntaktischer und semantischer Richtigkeit. Die syntaktische Richtigkeit zielt auf die Vollständigkeit und Konsistenz des Modells im Hinblick auf das Metamodell ab.⁴²

Ein Metamodell kann als Gestaltungsrahmen verstanden werden, der die verfügbaren Arten von Modellbausteinen und deren Beziehungen zueinander, samt der damit verbundenen Semantik, festlegt. Metadatenmodelle beschreiben im Falle der Informationsmodellierung, die Notationsregeln (Syntax) eines Modellsystems.⁴³

Ein Modell muss vollständig sein gegenüber dem Metamodell, d. h. alle methodischen Konstrukte, die im Modell Verwendung finden, müssen im Metamodell vorhanden sein. Darüber hinaus müssen die verwendeten Informationsobjekte und Notationsregeln im Metamodell erklärt sein (Forderung der Konsistenz).⁴⁴

Im Rahmen dieser Arbeit stellt die XML-Schemadefinition das Modellsystem für die Modellierung einer Dokumenttypdefinition dar. Eine Überprüfung der syntaktischen Richtigkeit wird in diesem Fall durch XML-Editoren möglich, die Funktionen zur Validierung enthalten.

Die semantische Richtigkeit soll die Korrektheit in Hinblick auf die Widerspruchsfreiheit und Aktualität des Modells zur Realwelt sicherstellen. Sie umfasst beispielsweise

⁴¹ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 253 f.

⁴² Vgl. Rosemann (1996), S. 94.

⁴³ Vgl. Rosemann (1996), S. 37.

⁴⁴ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 254.

die konsistente Verwendung von Bezeichnern innerhalb des Modells. Eine Überprüfung wird – bis auf die Konsistenzprüfung – formal als nahezu unmöglich angesehen.⁴⁵

Der *Grundsatz der Relevanz* stellt die Forderung an das Modell, alle relevanten Bestandteile des realweltlichen Diskursbereichs abzubilden. Dabei gelten alle Bestandteile als relevant, bei denen ein Weglassen zum Sinken des Nutzeneffektes führen würde. Insofern entspricht dies der Forderung nach Minimalität, d. h. ein Modell sollte nicht mehr Bestandteile als nötig enthalten.⁴⁶ Ob ein Dokumenttypmodell relevant ist, entscheidet sich nicht zuletzt bei der Analyse der Anforderungen, die an das Modell gestellt werden. Deshalb sollten die Anforderungen mit besonderer Sorgfalt analysiert werden um ein ziel- und zweckorientiertes Modell zu erstellen.⁴⁷

Als ein Maß für den *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit* können der Erstellungsaufwand, die Persistenz, die Verwendungsdauer und die Flexibilität des Modells gesehen werden. Durch den Einsatz von unterstützenden Werkzeugen lässt sich der Erstellungsaufwand reduzieren. Die Persistenz ist gegeben, wenn im Laufe der Verwendungsdauer keine Änderungen am Modell durchgeführt werden müssen. Im Falle von notwendigen Änderungen sollte das Modell flexibel sein, um den Änderungsaufwand zu minimieren. Im Rahmen der Modellierung einer Dokumenttypdefinition bietet sich der Einsatz von grafischen Modellierungswerkzeugen an. Die Persistenz kann durch die Einbeziehung von anerkannten Normen erreicht werden. Ein möglichst geringer Änderungsaufwand eines Dokumenttypmodells kann durch die Fähigkeit, Modellbestandteile wiederverwenden zu können, erreicht werden.⁴⁸

Ergänzende Grundsätze

Die ergänzenden Grundsätze stellen Richtlinien zur Verbesserung der Qualität eines Modells dar. Der *Grundsatz der Klarheit* beschreibt die Beziehung zwischen Modell und Modellnutzer. Ist das Modell für einen Nutzer oder Nutzertyp verständlich, spricht man von der subjektiven Klarheit, ist es allen Nutzern oder Nutzertypen verständlich, spricht man von der intersubjektiven Klarheit.⁴⁹ Da ein allgemeingültiges Dokumenttypmodell nicht nur für Systementwickler, sondern ebenso für Anwender von Bedeutung sein kann, wird eine möglichst hohe Klarheit des Modells angestrebt. Merkmale klarer Modelle können sein: Strukturiertheit, Zugänglichkeit, Übersichtlichkeit und Lesbarkeit.

⁴⁵ Vgl. Rosemann (1996), S. 95.

⁴⁶ Vgl. Rosemann (1996), S. 96.

⁴⁷ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 253 ff.

⁴⁸ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 255.

⁴⁹ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 255.

Der *Grundsatz der Vergleichbarkeit* kann, ähnlich zum Grundsatz der Richtigkeit, in syntaktische und semantische Vergleichbarkeit unterschieden werden. Semantische Vergleichbarkeit liegt vor, wenn Modelle, die auf unterschiedlichen Metamodellen beruhen, ineinander überführbar sind und wenn ein Vergleich der inhaltlichen Methoden durchgeführt werden kann. Die syntaktische Vergleichbarkeit beruht auf Konventionen zur Verwendung von Bezeichnern und Strukturkomponenten.⁵⁰

Durch den *Grundsatz des systematischen Aufbaus* soll eine sichtübergreifende Integration des Modells gewährleistet werden.⁵¹ Eine Integration eines Dokumenttypmodells zur Stoff- und Energiebilanzierung in ein Modell eines Umwelt-Managementsystems stellt beispielsweise eine sichtübergreifende Integration dar.

3.3 Integration der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung

In **Abb. 3.1**, S. 22 ist das Vorgehensmodell für die Modellierung einer Dokumenttypdefinition und die Rolle, welche die GoM dabei einnehmen, dargestellt.

Bei der Durchführung des Vorgehensmodells können einzelne Phasen mehrmals durchlaufen werden. Erkenntnisse, die sich im Laufe der Modellierung ergeben, können eine erneute Analyse und Auswahl erfordern. So ergibt sich eine schrittweise Verbesserung des Dokumenttypmodells. Eine Erhöhung der Modellqualität ist durch den Test des erstellten Modells zu erwarten, weshalb die Phase der Modellierung durch das Testen der generellen Funktionalität des Modells ergänzt wird.

Die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung stellen dabei ein wichtiges Instrument dar, um die Gültigkeit und Qualität des Modells zu erhöhen. Sie wirken mit ihren Anforderungen auf die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells ein.

⁵⁰ Vgl. Schraml (1997), S. 145; Rautenstrauch (1999), S. 256.

⁵¹ Vgl. Schraml (1997), S. 145.

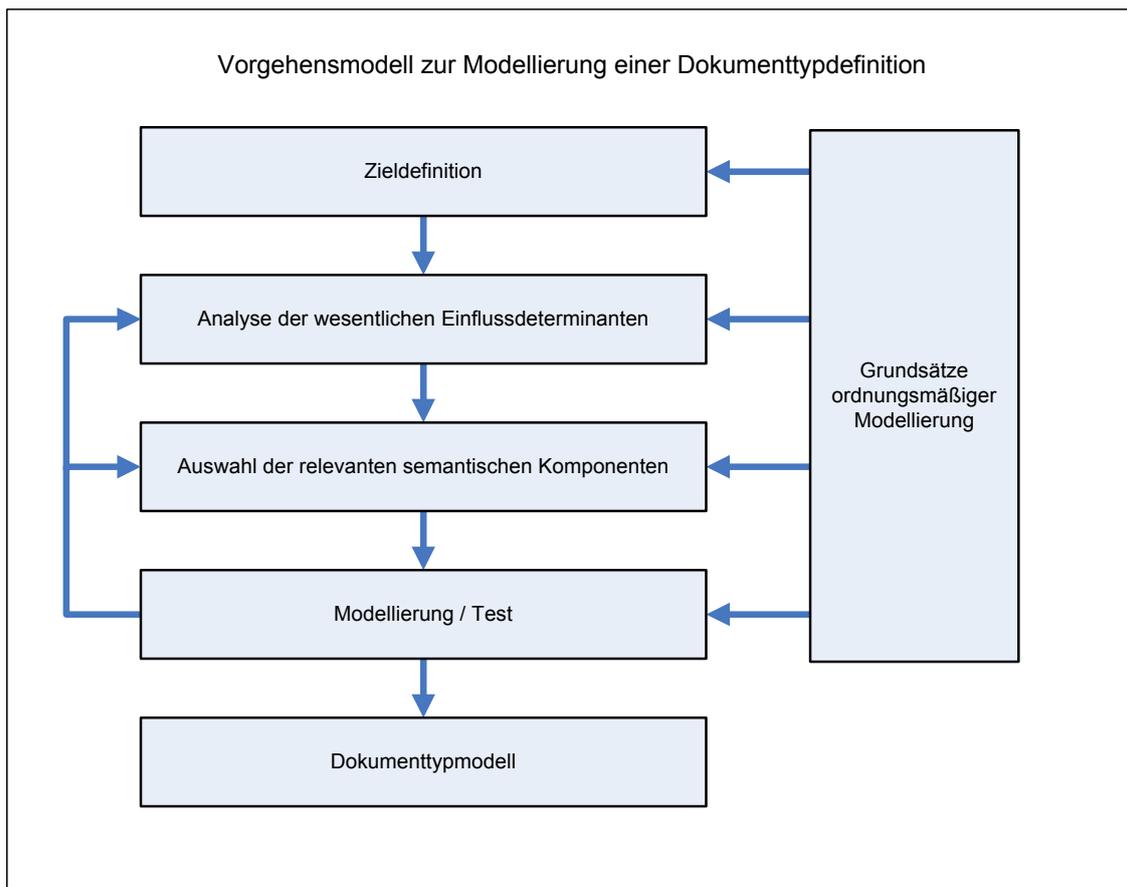


Abb. 3.1: Vorgehensmodell der Modellierung

Nachdem das Vorgehensmodell zur Modellierung einer Dokumenttypdefinition vorgestellt und die Rolle der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung für die Erstellung einer Dokumenttypdefinition erläutert wurden, folgt im nächsten Abschnitt eine Vorstellung der ‚Werkzeuge‘, die für die Dokumenttypdefinition verwendet werden.

3.4 Extensible Markup Language

Die *Extensible Markup Language (XML)*, zu Deutsch: ‚erweiterbare Auszeichnungssprache‘, ist eine Auszeichnungssprache mit deren Hilfe es möglich ist, Texte und Textbestandteile eines Dokuments zu kennzeichnen. XML ging als Teilmenge aus der *Standard Generalized Markup Language (SGML)* hervor, die festlegt wie Auszeichnungssprachen definiert sein müssen. Die erste Fassung, XML 1.0 wurde im Jahr 1997 in Form einer Empfehlung vom *World Wide Web Consortium (W3C)*⁵² veröffentlicht und liegt seit 2006 in der Version 1.1 vor. Es ist ein offenes, universales Format für den Austausch und die Speicherung von strukturierten Informationen.⁵³

⁵² Das *W3C* setzt sich für die Standardisierung von Technologien im *World Wide Web* ein und hat eine Vielzahl von Empfehlungen herausgegeben, die als De-facto-Standard anerkannt werden.

⁵³ Köhler/Wittenbrink (2003), S. 17 und 58.

Die Unterscheidung der Auszeichnung (Markup) vom eigentlichen Inhalt eines in XML formulierten Dokumentes, wird durch eine syntaktische Trennung mittels sogenannter Tags ermöglicht. Dabei werden einleitende und beendende Tags durch festgelegte Zeichen (`<`, `>`, `</`) gekennzeichnet:

```
<titel>
Erstellung XML-Schema-Definition
</titel>
```

Im vorstehenden Beispiel stellt `<titel>` das Start-Tag dar, welches den auszuzeichnenden Inhalt `Erstellung einer XML-Schema-Definition`, einleitet. Das End-Tag `</titel>` schließt den Auszeichnungsgegenstand ab. Start-Tag, Inhalt und End-Tag zusammen bilden ein sogenanntes *Element*.⁵⁴

Durch die Umschließung eines Textes mit Start- und End-Tags, wird dem Inhalt eine semantische Bedeutung verliehen. So wird im obigen Beispiel ersichtlich, dass dem eingeschlossene Text die Bedeutung eines Titels zugewiesen wird.

Sind innerhalb eines Elementes, ein oder mehrere weitere Elemente eingebettet, wird eine logische Struktur abgebildet, welche die hierarchischen Beziehungen des Inhalts darstellt. Eine Möglichkeit diese Strukturinformationen aufzufassen, ist die Darstellung in einer Baumstruktur. Dabei stellen Elemente, die lediglich weitere Elemente enthalten (Strukturkomponenten), die Knoten des Baumes und Elemente die keine weiteren Elemente enthalten (Inhaltskomponenten), die Blätter des Baumes dar.

Eigenschaften von Elementen können durch Attribute angegeben werden. Diese werden innerhalb des Start-Tags eines Elements notiert:

```
<apfelsorte farbe="rot">
Elstar
</apfelsorte>
```

Im voranstehenden Beispiel wird der Inhalt `Elstar` als Apfelsorte ausgezeichnet und eine Farbe durch das Attribut `farbe` zugewiesen. Attribute können in XML selbst keine weiteren Elemente enthalten und dürfen nur einmal auftreten. Eine Angabe von mehreren Farben in der Form `<apfel farbe="rot" farbe="gelb">` ist nicht erlaubt. Sollen mehrere Farben zu einer Apfelsorte angegeben werden, muss auf eine Auflistung in der Form von untergeordneten Elementen ausgewichen werden.

⁵⁴ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 25.

Da XML-Dokumente im Textformat vorliegen, sind sie unabhängig von der technischen Implementation und können leicht von Menschen rezipiert werden.⁵⁵ Deshalb bietet sich die Verwendung von XML insbesondere an, wenn eine Verarbeitung und Darstellung in einer Vielzahl von Möglichkeiten zu erwarten ist.⁵⁶

Anwendungsgebiete von XML sind z. B. Datenaustauschformate, layoutunabhängige Dokumentgestaltung, Präsentation von Dokumenten in unterschiedlichen Formaten oder XML-Datenbanken.⁵⁷ Ein populäres Beispiel einer Auszeichnungssprache, die mittels XML definiert wird, ist die *Extensible Hypertext Markup Language (XHTML)*. Sie ist eine erweiterbare Version der zuvor in SGML definierten *Hypertext Markup Language (HTML)*.

Aufbau

Ein XML-Dokument besteht aus dem optionalen Prolog, der optionalen Dokumenttypdefinition (die ausgelagert sein kann) und dem strukturierten Text (Dokumentinstanz). Im Prolog werden die XML-Version, Zeichencodierung und evtl. vorhandene interne oder externe Dokumenttypdefinitionen angegeben.⁵⁸

Dokumenttypdefinition

Das W3C hat in der XML-Empfehlung eine Syntax für die Definition von Dokumenttypen angegeben. Die *Dokument Type Definition (DTD)* stellt eine Möglichkeit dar, Dokumenttypen zu definieren.

Dabei muss beachtet werden, dass der Begriff *Dokumenttypdefinition* unterschiedlich interpretiert werden kann. Einerseits wird damit im Allgemeinen die Definition eines Dokumenttyps gemeint, also die Festlegung einer Klasse von Dokumenten. Zum Anderen wird der Begriff im Deutschen häufig für die in der XML-Spezifikation vorgegebene Syntax zur Definition eines Dokumenttyps, die *Document Type Definition* benutzt. Um Verwechslungen zu vermeiden, wird im Rahmen dieser Arbeit von der Dokumenttypdefinition gesprochen, wenn damit der allgemeine Prozess für die Festlegung einer Klasse von Dokumenten gemeint ist. Ist die XML-Syntax im Speziellen gemeint, wird die Abkürzung DTD verwendet.

⁵⁵ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 17.

⁵⁶ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 39.

⁵⁷ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 1.

⁵⁸ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 19.

Die DTD ermöglicht Einschränkungen in der logischen Struktur, indem vorgeschrieben wird, welche Elemente in welcher Reihenfolge und wie ineinander verschachtelt, in einem Dokument vorkommen dürfen. Des Weiteren wird festgelegt, welche Attribute (zusätzliche Informationen über Elemente) vorkommen müssen oder können und welche Datentypen erlaubt sind. Außerdem wird durch die Angabe sogenannter Entities eine physische Segmentierung von Dokumentteilen ermöglicht, um beispielsweise auf Grafikdateien verweisen zu können.

Im folgenden sind die grundlegenden Konzepte der DTD wiedergegeben:⁵⁹

- Deklaration von Elementtypen,
- Deklaration von Attributlisten,
- Deklaration von Entities,
- Deklaration von Notationen,
- Steueranweisungen,
- Kommentare

Entspricht ein Dokument der XML-Syntax, nennt man es ein ‚wohlgeformtes Dokument‘. Entspricht es darüber hinaus den Vorgaben einer DTD, spricht man von einem gültigen Dokument. Die Überprüfung eines XML-Dokumentes auf syntaktische und semantische Korrektheit kann mit Computerprogrammen durchgeführt werden (sogenannte Parser).⁶⁰

Die DTD der XML-Spezifikation ist einigen grundlegenden Nachteilen unterlegen. Da sie nicht in XML angegeben wird, sondern eine eigene Syntax verwendet, kann keine automatische Validierung mit XML-Editoren vorgenommen werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Tatsache, dass Elemente und Attribute nur auf sehr wenige primitive Datentypen eingeschränkt werden können und keine Möglichkeit gegeben ist, eigene Datentypen zu definieren. Sollen verschiedene DTDs in einem Kontext benutzt werden, müssen unterschiedliche Elementnamen verwendet werden, was sich nachteilig bei der Systemintegration auswirkt und zu einem höheren Anpassungsaufwand führen kann.

⁵⁹ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 26.

⁶⁰ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 45.

3.4.1 XML-Schema-Definition

Da die Anforderungen der XML-Anwendungen im Laufe der Jahre immer umfangreicher geworden sind und diese mit den eingeschränkten Fähigkeiten der DTD nicht oder nur begrenzt erfüllt werden konnten, wurde im Mai 2001 die *XML-Schema Definition* vom W3C in Form einer Empfehlung herausgegeben.⁶¹

Die XML-Schemadefinition stellt eine weitere Möglichkeit dar, einen Dokumenttyp zu definieren. Dabei gehen die Möglichkeiten deutlich über die von DTDs hinaus:

- genaue Angaben zu Kardinalitäten
- umfangreiche Anzahl vordefinierter Datentypen
- Ableitung eigener Datentypen
- differenziertere Beschreibung von Strukturen
- Gruppierung von Elementen und Attributen
- Einschränkungen der Strukturdefinition
- Deklaration von Namensräumen

Aufbau

XML-Schema-Definitionen sind im Gegensatz zu DTDs selbst in XML formuliert, also XML-Instanzen. Somit wird eine automatische Validierung ermöglicht, was die Erstellung von XML-Schema-Definitionen erleichtert. Zur Kennzeichnung wird das Wurzelement `<schema>` verwendet und der Namensraum der XML-Schema-Spezifikation angegeben:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
```

Durch die Angabe von Namensräumen werden Konflikte bei der Verwendung weiterer Schemata vermieden, die sich durch gleiche Elementbezeichner ergeben könnten. Die Namensräume werden durch einen *Uniform Resource Identifier (URI)* eindeutig bestimmt. Dieser URI muss aber keine real existierenden Adressen darstellen, sondern dient lediglich der Unterscheidung verschiedener Namensräume. Die Elemente (und

⁶¹ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 510.

Attribute) eines XML-Schemas können einem bestimmten Namensraum zugeordnet werden, indem ihnen ein Präfix vorangestellt wird.⁶²

Im vorhergehenden Beispiel wird durch das Attribut `xmlns` der Namensraum `http://www.w3.org/2001/XMLSchema` allen Elementen zugeordnet, die das Präfix `xs` tragen. Es werden damit die erlaubten syntaktischen Elemente der XML-Schema-Spezifikation gekennzeichnet.

Die Schemaspezifikation innerhalb des Wurzelementes kann bestehen aus:⁶³

- einfachen und komplexen Typdefinitionen,
- globalen Attributdeklarationen,
- globalen Elementtypdeklarationen,
- Elementgruppendefinitionen,
- Notationsdeklarationen und
- Kommentaren.

Im folgenden werden einige wichtige Konzepte von XML-Schema erläutert.

Deklaration von Elementen und Attributen

Elemente und Attribute stellen die grundlegenden Bestandteile eines XML-Dokumentes dar. In XML-Schema werden Elemente deklariert durch das Element `element`:

```
<xs:element name="titel"/>
```

Attribute werden analog deklariert:

```
<xs:attribute name="kategorie"/>
```

Elemente können Attribute und weitere Elemente enthalten. Die eigentliche Inhaltsspezifikation des Elementes wird durch Kollektionen, Sequenzen oder eine Auswahl von enthaltenen Elementen angegeben. Eine Kollektion (`all`-Element) stellt eine Sammlung weiterer Elemente ohne besondere Reihenfolge dar, die jeweils genau einmal vorkommen müssen (sofern sie nicht optional sind). Bei einer Sequenz (`sequence`-Element) wird die genaue Reihenfolge vorgegeben, in welcher die Elemente auftreten

⁶² Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 51 f.

⁶³ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 104 f.

müssen. Ist jeweils nur ein Element einer Auswahl erlaubt, wird das `choice`-Element verwendet um das Inhaltsmodell zu beschreiben. Die Inhaltsmodelle werden durch das Element `complexType` eingeleitet:

```
<xs:element name="kapitel">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="titel"/>
      <xs:element name="inhalt"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="nummer"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Es wird ein Element `kapitel` definiert, das aus einem `titel`- und `inhalt`-Element besteht. Das Kapitel enthält außerdem ein Attribut `nummer`.

Globale und lokale Deklaration

Elemente und Attribute können in einem XML-Schema global oder lokal definiert werden. Globale Elemente werden innerhalb des Wurzelementes eines Schemas deklariert und können an jeder beliebigen Stelle wiederverwendet werden. Zudem ist es möglich, neue Elemente oder Attribute durch Einschränkungen oder Erweiterungen von diesen abzuleiten oder sie in anderen Schemata wiederzuverwenden. Wird beispielsweise ein Element `titel` an mehreren Stellen des XML-Schemas verwendet, kann es als globales Element deklariert und an weiteren Stellen, darauf verwiesen werden. Alle Einschränkungen z. B. des Datentyps müssen damit nur ein mal vorgenommen werden. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass sich Änderungen an globalen Elementen oder Attributen überall im Schema auswirken. Lokale Elemente und Attribute werden dagegen innerhalb der Modellstruktur definiert und sind nur innerhalb ihres Kontextes gültig. Bei einer Vielzahl von lokal definierten Elemente können sich Redundanzen ergeben, was einen erhöhten Änderungsaufwand bedeuten kann.⁶⁴

Datentypen

Das W3C gibt im Teil 2 der XML-Schema-Spezifikation Möglichkeiten an, Datentypen zu definieren und stellt außerdem eine umfangreiche Auswahl gängiger Datentypen

⁶⁴ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 129.

(z. B. `string`, `boolean`, `decimal`, `float`) vor.⁶⁵ Darüber hinaus werden weitere Datentypen von den primitiven Datentypen abgeleitet, die besondere Funktionalitäten bereitstellen. Der Datentyp `string` ist die Grundlage für eine Reihe weiterer Datentypen wie z. B.:⁶⁶

- `normalizedString`: Es dürfen keine Tabulatoren, Zeilenumbrüche oder Zeilenvorschübe enthalten sein.
- `token`: Abgeleitet von `normalizedString`. Zusätzlich dürfen keine führenden und schließenden Leerzeichen vorkommen, innerhalb eines `token` sind keine doppelten Leerzeichen erlaubt.
- `NMTOKEN`: Abgeleitet von `token`. Darf nur aus Buchstaben, Ziffern und den Zeichen `,`, `'`, `-`, `_` und `:` bestehen.
- `language`: Abgeleitet von `token`. Ermöglicht die Angabe eines Kürzels zur Angabe von Sprachen.

Zeichendatentypen können durch Angaben zur erlaubten Länge (`length`, `minlength`, `maxlength`), durch Aufzählungen erlaubter Werte (`enumeration`), Normalisierung von Leerraumzeichen (`whiteSpace`) oder die Angabe von Mustern, mittels regulärer Ausdrücke (`pattern`), eingeschränkt werden.

Neben den Zeichendatentypen existieren noch eine Reihe weiterer Datentypen wie z. B. zur Datumsangabe (`date`), Zeitangabe (`dateTime`) oder Angabe eines URI (`anyURI`).⁶⁷

Einfache Typen

Die einfachen Typen enthalten selbst keine Attribute oder weitere Elemente. Durch Einschränkung des Basisdatentyps, Listenbildung oder Vereinigung von Basisdatentypen können eigene Datentypen erstellt werden. Im folgenden Beispiel wird durch das Element `simpleType` ein einfacher Typ mit dem Namen `kapitelNummer` definiert, der auf den Basistyp `integer` und ganze Zahlen zwischen `1` und `42` eingeschränkt wurde:⁶⁸

⁶⁵ Vgl. W3C World Wide Web Consortium (2001).

⁶⁶ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 91 f.

⁶⁷ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 93 ff.

⁶⁸ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 102 f.

```

<xs:simpleType name="kapitelNummer">
  <xs:restriction base="xs:integer">
    <xs:minInclusive value="1" />
    <xs:maxInclusive value="42" />
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

Komplexe Typen

Im Gegensatz zu den einfachen Typen, können komplexe Typen selbst weitere Elemente und Attribute enthalten. Im folgenden Beispiel wird durch das Element `complexType` ein komplexer Typ mit dem Namen `buch` definiert, der das Inhaltsmodell über eine Sequenz definiert, die aus den Elementen `titel`, `vorwort`, `kapitel` und `nachwort` besteht:

```

<xs:complexType name="buch">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="titel" nillable="true"/>
    <xs:element name="vorwort" nillable="true"/>
    <xs:element name="kapitel" maxOccurs="42"/>
    <xs:element name="nachwort" minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

Um die maximale Anzahl von Kapiteln zu beschränken, wurde das Attribut `maxOccurs` verwendet. Soll das Auftreten eines Elementes optional sein, wird das Attribut `minOccurs` auf `,0'` gesetzt, eine unbegrenzte Anzahl wird durch den Wert `unbound` ermöglicht. Wird keine Angabe zur Kardinalität gegeben, wird vom Standard-Wert `,1'` ausgegangen, der ein genau einmaliges Auftreten impliziert.

Das Attribut `nillable` ermöglicht die explizite Angabe in Dokumentinstanzen, dass bestimmte Informationen nicht vorhanden sind. Bei einem alleinigen Weglassen eines Elementes ist nicht klar, ob dieses nicht existiert oder ob keine Informationen dazu vorhanden sind. Eine solche Unterscheidung wird durch die Angabe des Attributs `nil` in der Dokumentinstanz ermöglicht:

```

<nachwort xsi:nil="true"/>

```

In dem Beispiel wird vermittelt, dass das Buch zwar ein Nachwort erhalten soll, aber noch keine Informationen über dessen Inhalt vorhanden sind. Ein einfaches Weglassen

des Elementes könnte außerdem bedeuten, dass dieses Buch kein Nachwort erhalten soll. Darüber hinaus können Attribute zu einem solchen Element angegeben werden, das noch keinen Inhalt enthält.

Weitere Einschränkungen lassen sich durch die Aufzählung erlaubter Werte (*enumeration*) oder die Angabe von Mustern (*pattern*) realisieren. Im folgenden Beispiel wird ein Attribut Namens *genre* deklariert, welches durch das Element *restriction* als Einschränkung des Basistyps *string* definiert ist. Die Einschränkung ist in diesem Fall eine Auflistung erlaubter Werte (*fachliteratur*, *roman*, *kurzgeschichten*):

```
<xs:attribute name="genre">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="fachliteratur"/>
      <xs:enumeration value="roman"/>
      <xs:enumeration value="kurzgeschichten"/>
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
</xs:attribute>
```

Eindeutigkeits-, Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen

Die *XML-Path-Language (XPath)* ist eine Sprache mit der es ermöglicht wird, auf Elemente und Inhalte eines XML-Dokumentes zugreifen zu können. Die XPath-Spezifikation wurde im Jahr 1999, vom W3C in Form einer Empfehlung, herausgegeben. Am 23. Januar 2007 wurde die überarbeitete Version 2.0 veröffentlicht.⁶⁹

Die Grundlage von XPath ist ein eigenes Datenmodell für die Repräsentation von XML-Dokumenten. In einer Baumdarstellung wird auf die Knoten eines Dokumentes (Elemente, Attribute, Textknoten, Verarbeitungsanweisungsknoten, Kommentarknoten, Namensknoten) zugegriffen. Dies kann über eine Pfadangabe realisiert werden, die an URI angelehnt ist.⁷⁰

Der XPath-Pfadausdruck `buch/@id` selektiert beispielsweise in allen Elementen `buch`, das Attribut `id`.

⁶⁹ Vgl. W3C World Wide Web Consortium (2007).

⁷⁰ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 65 f.

XPath Ausdrücke werden unter anderem verwendet um Eindeutigkeits-, Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen in XML-Schemata zu definieren. Eine Eindeutigkeitsbedingung stellt sicher, dass ein Element oder Attribut innerhalb eines angegebenen Bereichs nur einmal vorkommen darf. Sie wird mit dem Element `unique` definiert:

```
<xs:unique name="isbnEindeutig">
  <xs:selector xpath="buch"/>
  <xs:field xpath="@isbn"/>
</xs:unique>
```

In diesem Beispiel wird eine Eindeutigkeitsbedingung `isbnEindeutig` definiert, die über den Selektor alle Elemente `buch` (die in diesem Fall in derselben Ebene wie die Eindeutigkeitsbedingung selbst liegen) wählt. Die Werte des Attributs `isbn` werden über das Element `field` ausgewählt. Durch diese Eindeutigkeitsbedingung wird gewährleistet, dass in einer beispielhaften Auflistung von Büchern keine ISBN-Nr. doppelt vergeben wird.

Eine Schlüsselbedingung ist ähnlich zu einer Eindeutigkeitsbedingung aufgebaut, geht aber über die Anforderung der Eindeutigkeit hinaus. Alle Elemente oder Attribute die als Schlüssel deklariert sind, müssen in dem Dokument auftreten. Eine Verwendung bei optionalen Elementen sollte deshalb vermieden werden. Fremdschlüsselbedingungen ermöglichen den Verweis auf Schlüsselemente innerhalb einer Dokumenteninstanz.⁷¹

Im Folgenden wird ein Beispiel für die Definition von Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen gegeben. Durch das Element `key` wird der Schlüssel `personId` definiert, indem durch einen XPath-Ausdruck das Element `person` selektiert und der Inhalt dessen Attributs `id` zurückgegeben wird:

```
<xs:key name="personId">
  <xs:selector xpath="person"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:key>
```

Die Fremdschlüsselbedingung wird durch das Element `keyref` definiert. Dabei wird ähnlich zur Definition eines Schlüssels der Wert des Attributs `autor` des Elementes `buch` selektiert. Durch das Attribut `refer` des `keyref`-Elementes wird auf den zuvor definierten Schlüssel `personId` verwiesen:

⁷¹ Vgl. Walmsley (2002), S. 382 ff.

```

<xs:keyref name="autor" refer="personId">
  <xs:selector xpath="buch"/>
  <xs:field xpath="@autor"/>
</xs:keyref>

```

Als Ergebnis einer solchen Schlüssel- und Fremdschlüsseldefinition, können in diesem Beispiel jeder Person mehrere Bücher zugeordnet sein. Alle Autoren die einem Buch zugeordnet sind, müssen als Person im XML-Dokument vorhanden sein. Durch die Schlüsselbedingung wird außerdem sichergestellt, dass Personen jeweils nur einmal vorkommen dürfen.

Wiederverwendung und Vererbung

XML-Schema ermöglicht die Wiederverwendung von einmal definierten Elementen, Attributen und Gruppen von Elementen oder Attributen. Dazu wird statt des Namens eine Referenz mit dem Attribut `ref` auf ein an anderer Stelle definiertes Element gesetzt.⁷²

Eine Vererbung der Eigenschaften und Inhaltskomponenten ist bei global definierten Typen möglich. Werden weitere Einschränkungen oder Inhaltskomponenten benötigt, die ein zuvor definierter Typ nicht aufweist, kann über das Konzept der Einschränkung oder Erweiterung ein neuer Typ abgeleitet werden.⁷³

Sollen unterschiedliche XML-Schemadefinitionen zusammen verwendet werden, kann dies durch einen Import von Schemata realisiert werden. Dabei werden alle globale definierten Komponenten zur Verfügung gestellt. Durch die Angabe des Zielnamensraumes des importierten Schemas als Namensraum im importierenden Schema und des damit verbundenen Namensraumpräfix, können die globalen Elemente verwendet werden, ohne dass es zu Konflikten bei gleichen Bezeichnungen kommt.⁷⁴

Durch die Attribute `elementFormDefault` und `attributeFormDefault` innerhalb des Schema-Wurzelementes kann die Angabe eines Namensraumpräfix erzwungen (`qualified`) oder freigestellt (`unqualified`) werden. Während die Deklaration ohne Namensraumpräfix für eine bessere Lesbarkeit einer Dokumentinstanz sorgt, stellt die qualifizierte Deklaration Vorteile bei der Verwendung unterschiedlicher Schemadefinitionen dar. Existieren beispielsweise gleichlautende Elemente mit unterschiedlichen semantischen Bedeutungen, kann die Angabe des Namensraumpräfix wichtige

⁷² Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 144.

⁷³ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 145 f.

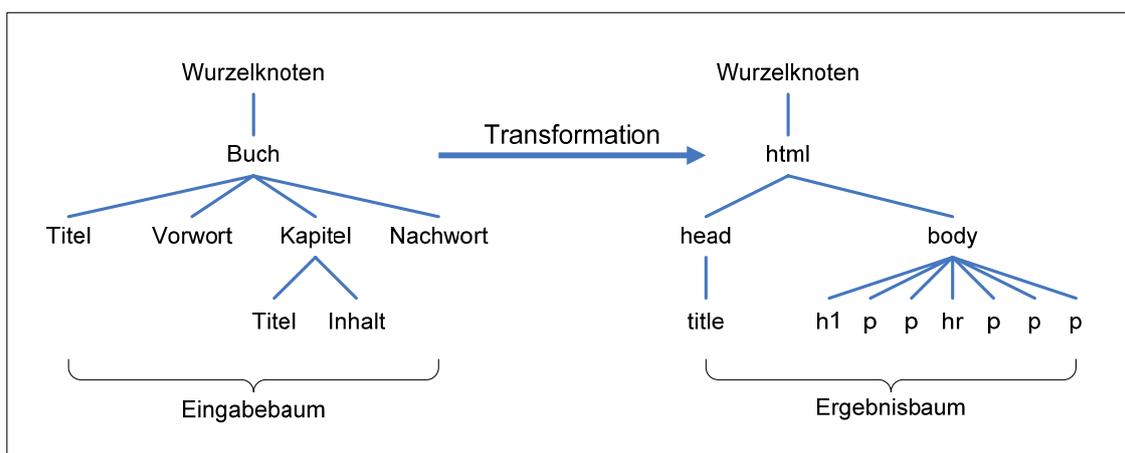
⁷⁴ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 123.

Informationen zur Verarbeitung der Elemente vermitteln. Auf eine Angabe von Namensraumpräfixen bei Attributen kann im Allgemeinen verzichtet werden, da diese meist ihren Elementen zugeordnet sind und dadurch automatisch einem Namensraum angehören.⁷⁵

3.4.2 Extensible Stylesheet Language Transformations

Die Extensible Stylesheet Language (XSL) ist eine vom W3C herausgegebene Spezifikation zur Formulierung von Formatvorlagen (Stylesheets) für XML-Dokumente. Sie besteht aus den *XSL Transformations (XSLT)*, einer Sprache zur Umwandlung der Struktur und einem Vokabular zur Spezifikation von Formatanweisungen (XSL Formatting Objects, kurz: XSL-FO) für eine seitenbasierte, formatierte Darstellung der Dokumente.⁷⁶

Für die Transformation von XML-Dokumenten werden Baumstrukturen als Modelle der Eingabe-Dokumente verwendet. Die Struktur eines Eingabebaumes wird nach den Regeln eines sogenannten XSLT-Stylesheets in eine neue Baumstruktur (Ergebnisbaum) überführt. In **Abb. 3.2** ist eine Transformation schematisch abgebildet, bei der die Baumstruktur eines in XML formulierten Buches in ein HTML-Dokument überführt wird. Der Inhalt des Dokumentes wird erst nach dieser Transformation in Aneinanderreihungen von Zeichenketten (serialisiert) ausgegeben. Das Ausgabeformat ist deshalb nicht an eine XML-Struktur gebunden. Das Ergebnis könnte ebenso ein reines Textdokument sein.⁷⁷



Quelle: Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 348

Abb. 3.2: Transformation eines XML-Dokumentes mit XSLT

⁷⁵ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 128 f.

⁷⁶ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 337 und 396 f.

⁷⁷ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 346 ff.

Die Regeln von XSLT-Stylesheets werden in sogenannten Vorlagen (templates) definiert, die sich immer auf einen Knoten des Eingabebaumes beziehen. Es können Bedingungen in Form von Mustern angegeben werden, die festlegen auf welche Knoten des Eingabebaumes sich diese Regeln beziehen:⁷⁸

```
<xsl:template match="titel">
  <html:h1>
    <xsl:value-of select="."/>
  </html:h1>
</template>
```

Im voranstehenden Beispiel wird in dem Element `template` eine Vorlage für die Transformation formuliert. Das Attribut `match` gibt an, dass die Transformation auf alle Knotenelemente `titel` des Eingabebaumes angewendet werden soll. Der Inhalt der Vorlage wird in den Ergebnisbaum übernommen. Das Element `value-of` wählt mit dem XPath-Pfadausdruck `.` das aktuelle Element, also sich selbst (`titel`). Als Ergebnis dieser Transformation werden alle Titel eines Eingabedokumentes in einer HTML-Ausgabe als Überschrift der Kategorie 1 (`h1`) ausgegeben.

Neben der reinen Transformation stellt XSLT unter der Verwendung von XPath noch eine Reihe weiterer Möglichkeiten bereit um die Transformation von Dokumenten zu beeinflussen, wie z. B. String-Manipulationen, mathematische Funktionen oder Sortierungen der Ausgabe.

Nachdem in diesem Kapitel einige wichtige Grundlagen für die Modellierung einer XML-Schemadefinition erläutert wurden, wird im nächsten Kapitel die Modellierung der XML-Schemadefinition in ihren einzelnen Phasen, detailliert erörtert.

⁷⁸ Vgl. Köhler/Wittenbrink (2003), S. 348 f.

4 Erstellung einer XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Erstellung der XML-Schemadefinition im Rahmen dieser Arbeit. Dabei werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells durchlaufen und die Bestandteile und Einzelheiten des erstellten Modells erläutert.

Im folgenden ersten Abschnitt werden zunächst die Ziele der Dokumenttypmodellierung aufgestellt.

4.1 Formulierung der Zieldefinition

Die Grundsätze und Anforderungen an eine Ökobilanz und der darin enthaltenen Phase der Sachbilanzierung werden in der DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006 vorgegeben. Damit bilden diese beiden Normen eine wichtige Grundlage zur Modellierung der XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung im Rahmen dieser Arbeit.

Das Ziel ist es, eine allgemeingültige XML-Schemadefinition zu formulieren. Es soll ein Modell erstellt werden, das den Grundlagen und Anforderungen der DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006 gerecht wird und für eine Stoff- und Energiebilanzierung, unter Integration eines Öko-Kontenrahmens mit Mengen- und Wertströmen, benutzt werden kann.

Um die Informationen besser nachvollziehen zu können und die Integrationsfähigkeit zu erhöhen, müssen Metainformationen angegeben werden können. (vgl. Kapitel 2.1, S. 7). Da die EML bereits einen umfangreichen Elementvorrat für die Angabe von Metainformationen im Umweltbereich mit sich bringt, wird eine Integration der EML für die Einbindung von Metainformationen in das Modell vorgesehen.

Durch die Wahl von XML als Modellsprache und XML-Schema zur Definition des Dokumenttyps, wird einerseits eine Integration von Daten aus verschiedenen Anwendungssystemen ermöglicht (z. B. Auflistung von Stoff- und Energieströmen und Integration monetärer Werte) und andererseits die Korrektheit der Stoff- und Energiebilanz (durch z. B. Einschränkungen der Datentypen, Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen) gewährleistet.

Da ein möglichst universell zu benutzendes Modell zu erstellen ist, wird die Verwendung von englischen Bezeichnungen für die Elemente der XML-Schemadefinition als vorteilhaft angesehen.

Im Folgenden sind die im Rahmen der Phase der Zieldefinition aufgestellten Modellanforderungen und zu betrachtenden Rahmenbedingungen, aus Gründen der Übersichtlichkeit nochmals zusammengefasst:

- XML-Schemadefinition auf der Grundlage der DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006
- Einordnung der Stoff- und Energieströme in den Öko-Kontenrahmen und Einbeziehung ökonomischer Größen
- Angabe von Metainformationen mit der EML
- Verwendung englischer Bezeichnungen

4.2 Analyse der wesentlichen Einflussdeterminanten

Dieser Abschnitt befasst sich mit der zweiten Phase des Vorgehensmodells. Es werden die Rahmenbedingungen und Anforderungen betrachtet und die sich daraus ergebenden potenziellen semantischen Komponenten abgeleitet.

Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006

Die Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanzierung werden in der Norm DIN EN ISO 14040:2006 erläutert und durch Anforderungen und Anleitungen in der DIN EN ISO 14044:2006 komplettiert. Die Methodik der Ökobilanzierung soll zu einem besseren Verständnis und zur Berücksichtigung der Umweltwirkungen führen, die mit der Produktion und Anwendung von Produkten oder Dienstleistungen in Zusammenhang stehen. Dabei wird unter dem Begriff ‚Produkt‘ eine jede Ware oder Dienstleistung zusammengefasst. Sie bezieht sich auf die *potenziellen* Umweltwirkungen und „[...] dient nicht der Voraussage von absoluten oder genauen Umweltwirkungen [...]“⁷⁹. Die Ziele der Ökobilanzierung sind:⁸⁰

- das Aufzeigen von Verbesserungsmöglichkeiten der Umweltsleistung,
- Informationsbedürfnisse von Entscheidungsträgern zu bedienen (z. B. bei der strategischen Planung),
- die Auswahl relevanter Indikatoren der Umwelteigenschaften zu erleichtern und

⁷⁹ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 18.

⁸⁰ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 4.

- die Unterstützung des Marketings bei der Formulierung von Umweltaussagen.

Eine Ökobilanz nach DIN ISO 14040:2006 bezieht sich immer auf einen bestimmten Untersuchungsgegenstand – der funktionellen Einheit – und ist deshalb als relativer Ansatz aufzufassen. Alle zu erhebenden Stoff- und Energieströme und die resultierenden Umwelteinwirkungen werden auf diese funktionelle Einheit bezogen. Sie ist definiert als „quantifizierter Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit“⁸¹. Eine Beispiel für eine funktionelle Einheit könnte beispielsweise die Herstellung von „1 m³ Dämmstoff“ sein.

Bei der Erstellung einer Ökobilanz werden vier Phasen durchlaufen:⁸²

1. Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen (Angabe des Ziels der Studie, Funktionen des untersuchten Produktsystems, Systemgrenzen, getroffene Annahmen)
2. Sachbilanz (Zuordnung von Stoff- und Energieströmen zu Prozessmodulen)
3. Wirkungsabschätzung (Angabe von Wirkungskategorien, Einwirkungen der Ressourcen und Emissionen auf die Umwelt)
4. Auswertung (Schlussfolgerungen, Einschränkungen, Empfehlungen)

Wird die optionale Phase der Wirkungsabschätzung nicht durchgeführt, bezeichnet man diese Methodik als Sachbilanz-Studie.⁸³

In der DIN EN ISO 14040:2006 wird aufgrund des Phasen-Charakters der Durchführung einer Ökobilanzierung bereits eine Grobstruktur für die Gestaltung einer XML-Schemadefinition zur Stoff- und Energiebilanzierung im Rahmen dieser Arbeit vorgegeben. Die in der Analyse gewonnenen Erkenntnisse zur inhaltlichen und strukturellen Gestaltung münden in der Aufstellung einer geordneten Liste der potenziellen semantischen Komponenten.

In **Tab. 4.1**, S. 40 sind exemplarisch die PSK, die bei der Analyse der DIN EN ISO 14040:2006 gewonnen wurden, wiedergegeben. In der ersten Spalte der Tabelle sind die identifizierten PSK geordnet angegeben. Die sich abzeichnende thematische Zugehörigkeit einzelner Punkte, wird durch Einrückung der Unterpunkte widergespiegelt. In der zweiten Spalte ist eine kurze Definition der jeweiligen PSK angegeben, die dritte Spalte gibt eine Einschätzung der Notwendigkeit der PSK an, die

⁸¹ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 10.

⁸² Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 4 f.

⁸³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 5.

sich aus verbal formulierten Anweisungen wie z. B. „müssen angegeben werden“ ableiten. Struktur- oder Inhaltskomponenten deren Verwendung durch die Norm vorgeschrieben sind, werden mit ‚v‘ (vorgeschrieben) gekennzeichnet, optionale Komponenten mit ‚w‘ (wählbar). Die vierte Spalte gibt eine Referenz auf den Begründungsgegenstand der Norm auf Kapitel- oder Abbildungsebene an.

Tab. 4.1: Potenzielle semantische Komponenten aus DIN EN ISO 14040:2006

PSK	Definition	v/w	Begründung
goal	Ziel der Studie	v	4.2.1
intended application	beabsichtigte Anwendung	v	5.2.1.1
reasons	Gründe für die Durchführung der Studie	v	5.2.1.1
intended application	Angesprochene Zielgruppe	v	5.2.1.1
publication	ob die Ergebnisse in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind	v	5.2.1.1
scope	Untersuchungsrahmen der Studie	v	4.2.1
product system	zu untersuchendes Produktsystem	v	5.2.1.2
functions	Funktionen des Produktsystems	v	5.2.1.2
functional unit	funktionelle Einheit	v	5.2.1.2
system boundary	Systemgrenzen	v	5.2.1.2
allocation procedures	Allokationsverfahren	v	5.2.1.2
impact categories	ausgewählte Wirkungskategorien	v	5.2.1.2
methodology of impact assessment	Methode für die Wirkungsabschätzung	v	5.2.1.2
interpretation	anzuwendende Auswertung	v	5.2.1.2
data requirements	Anforderungen an die Daten	v	5.2.1.2
assumptions	Annahmen	v	5.2.1.2
limitations	Einschränkungen	v	5.2.1.2
initial data quality requirements	Anforderungen an die Daten	v	5.2.1.2
type of critical review	Art der kritischen Prüfung, sofern vorgesehen	w	5.2.1.2
type and format of report	Art und der Aufbau des für die Studie vorgesehenen Berichts	v	5.2.1.2
inventory analysis	Sachbilanz	v	4.2.1
data collection	Datenerhebung	v	5.3.1
calculation procedures	Berechnungsverfahren	v	5.3.1
impact assessment	Wirkungsabschätzung	v	4.2.1
impact categories	Wirkungskategorien	v	5.4.1
category indicators	Wirkungsindikatoren	v	5.4.1
characterization models	Charakterisierungsmodelle	v	Bild 4
classification	Zuordnung der Sachbilanzergebnisse	v	Bild 4
characterization	Berechnung der Wirkungsindikatorwerte	v	Bild 4
normalization	Normierung	w	Bild 4
interpretation	Auswertung	v	4.2.1

Im nächsten Schritt wurde die Grobstruktur der PSK, durch die Analyse der in der DIN EN ISO 14044:2006 angegebenen Anforderungen und Anleitungen zur Ökobilanz ergänzt und weiter detailliert. Dabei sind zusätzlich Informationen aus dem Beispiel eines Datenerhebungsblattes des Anhangs eingeflossen.

Analyse weiterer Anforderungen

Neben den im vorhergehenden Abschnitt analysierten Rahmenbedingungen, werden weitere Anforderungen an das Schema gestellt, die sich im Kontext der Aufgabenstellung und Anforderungen der Nutzer ergeben.

Für die Integration von Wertströmen wurden in Übereinstimmung mit der Zieldefinition semantische Komponenten ausgewählt, die in das Modell einfließen sollen. Darüber hinaus wurden PSK aus dem allgemeinen Öko-Kontenrahmen abgeleitet.

Als Ergebnis dieser Phase ergibt sich eine grob strukturierte Liste der potenziellen semantischen Komponenten in tabellarischer Form. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und zur Vermeidung von Redundanzen im Hinblick auf die Ergebnisse der nächsten Phase des Vorgehensmodells, wird auf eine Darstellung an dieser Stelle verzichtet.

4.3 Auswahl relevanter semantischer Komponenten

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten die potenziellen semantischen Komponenten identifiziert und in tabellarischer Form grob strukturiert wurden, erfolgt in der dritten Phase des Vorgehensmodells die Auswahl der *relevanten semantischen Komponenten*, die in das Modell einfließen sollen.

Dazu wurden zunächst die PSK aus den Normen DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006 zusammengeführt und im anschließenden Schritt durch die PSK der weiteren Anforderungen ergänzt.

In der DIN EN ISO 14044:2006 wird eine Untergliederung der in der Sachbilanz gesammelten Stoff- und Energieströme in folgende Hauptgruppen vorgesehen:⁸⁴

- Energieinputs, Rohstoffinputs, Betriebsstoffinputs, andere physikalische Inputs
- Produkte, Koppelprodukte, Abfall
- Emissionen in Luft, Wasser, Boden

⁸⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 25 f.

- weitere Umweltaspekte

Da eine solche Gliederung den Zielertag im Hinblick auf eine Einordnung in den Öko-Kontenrahmen nicht erfüllt, wurde diese PSK abgelehnt und statt dessen zunächst die PSK aus dem allgemeinen Ökokontenrahmen eines produzierenden Unternehmens (siehe **Tab. 2.1**, S. 6) als Grundlage ausgewählt.

Um der im Rahmen dieser Arbeit selbst gestellten Forderung nach einem allgemein gültigen XML-Schema nachzukommen, wurde im Verlauf der Modellierung die Nacheiligkeit einer in das Schema verankerten Kategorisierung der Stoff- und Energieströme erkannt. Zwar ließe sich von einem allgemeinen Datentyp für die hierarchische Einteilung nach dem allgemeinen Ökokontenrahmen, ein auf den jeweiligen Anwendungsbereich zugeschnittener komplexer Typ durch Erweiterung oder Einschränkung ableiten, doch würde dies zu einer unüberschaubaren Anzahl von angepassten XML-Schemadefinitionen führen und nicht zuletzt einen Verstoß gegen den Grundsatz der Wirtschaftlichkeit bedeuten.

Aus diesem Grund wurde eine Integration der PSK zur Einteilung der Stoff- und Energieströme in den Ökokontenrahmen abgelehnt und statt dessen eine allgemeinere Möglichkeit zur Darstellung von Öko-Kontenrahmen, in der Dokumentinstanz vorgesehen. Dabei wird eine Auflistung von Öko-Kontenrahmen in den Dokumentinstanzen ermöglicht, wobei einem Öko-Kontenrahmen jeweils ein übergeordneter zugewiesen werden kann.

Um der Forderung nach gebräuchlichen, englischen Bezeichnungen für das XML-Schema aus der Zieldefinition gerecht zu werden, wurden diese aus den jeweiligen Normen entnommen und in Ausnahmefällen eine Übersetzung in die englische Sprache vorgenommen.

Zusätzliche RSK, deren Notwendigkeit sich im Laufe der Modellierung ergaben, wurden in die Liste der RSK aufgenommen, sodass zu jedem Zeitpunkt eine Übersicht über alle verwendeten Komponenten bestand und eine Begründung für die Aufnahme einer jeden relevanten semantischen Komponente nachgeschlagen werden konnte. Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 165 RSK identifiziert, die in das XML-Schema eingeflossen sind. Sie sind im Anhang in **Tab. A.1**, S. 100 aufgeführt.

4.4 Modellentwurf

In diesem Unterkapitel wird die Modellierung der XML-Schemadefinition zur Stoff- und Energiebilanzierung erläutert. Dabei wird zunächst auf allgemeine Konventionen

der Modellierung eingegangen, die einen einheitlichen und systematischen Aufbau gewährleisten sollen. Im Anschluss wird die Software XML-Spy vorgestellt, die für die Modellierung verwendet wurde. Im Hauptteil dieses Abschnittes werden die Bestandteile des erstellten Modells erklärt und anhand von grafischen Darstellungen erläutert.

4.4.1 Modellierungskonventionen

Neben den Anforderungen an das XML-Schema, die sich aus der Analyse der Einflussdeterminanten ergeben, können weitere grundsätzliche Konventionen formuliert werden, die sich als wichtig für die Erreichung der Zielsetzung und der Anforderungen der GoM bei der Modellierung erweisen.

Konkretisierung der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung

Die in den Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellierung gestellte Forderung nach syntaktischer Richtigkeit, wird durch eine computerunterstützte Modellierung gewährleistet, bei der eine automatische Überprüfung auf Wohlgeformtheit und Gültigkeit der XML-Schemadefinition durchgeführt werden kann. Die semantische Korrektheit kann im Rahmen dieser Arbeit nur begrenzt durchgeführt werden, da eine Abbildung von realweltlichen Dokumentinstanzen nicht vorgesehen ist. Um dennoch die generelle Funktionalität zu demonstrieren, wird in Kapitel 4.5, S. 85 eine XSL-Transformation vorgestellt, die eine Umwandlung einer beispielhaften Dokumentinstanz in ein HTML-Dokument vornimmt.

Dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit wird einerseits dadurch gerecht, dass der Aufwand zur Erstellung, durch die computerunterstützte Modellierung reduziert wird. Andererseits soll durch die Modellierung von Hauptbestandteilen als komplexe Typen, eine modulare Integration gewährleistet werden, was sich bei der Wiederverwendung von Bestandteilen als vorteilhaft erweist. Somit wird es beispielsweise möglich sein, auf spezielle Anforderungen zugeschnittene XML-Schemadefinitionen, zu erstellen.

Eine hohe Verwendungsdauer wird durch die normbasierte Gestaltung des XML-Schemas ermöglicht. Die Forderung nach einem persistenten Modell (vgl. Kapitel 3.2, S. 20) stellt aufgrund des prototypischen Charakters der Modellierung im Rahmen dieser Arbeit eine nicht zu überprüfende Forderung dar.

Der Grundsatz der Klarheit wird dadurch erreicht, dass für Modellbestandteile eindeutige Bezeichnungen verwendet werden, die sich an ihre Bedeutung anlehnen und aus der Norm zur Ökobilanz entnommen wurden. So stellt beispielsweise das Element

`scopeDefinition` die Definition des Untersuchungsrahmens dar. Darüber hinaus werden Informationen zum Inhalt eines Elementes durch die hierarchische Strukturierung und die Position innerhalb des Dokumentes vermittelt.

Bildung von Element- und Attributbezeichnern

Für die Bildung von Element- und Attributnamen bietet sich die verbreitete Kamelschreibweise (camel case) an. Dabei werden die Bezeichner grundsätzlich klein geschrieben. Setzt sich der Name aus mehreren Bestandteilen zusammen, so werden deren Anfangsbuchstabe jeweils groß geschrieben, der Anfang des gesamten Bezeichners klein (z. B. `unitProcessInventory`).⁸⁵

Qualifizierte Namensräume

Bei der Verwendung von Namensräumen stellt sich die Frage, ob qualifizierte oder unqualifizierte Deklarationen verwendet werden sollen. Die Verwendung qualifizierter Elementdeklarationen kann einen Vorteil bei der Integration in Anwendungssysteme der Unternehmenslandschaft darstellen (vgl. Kapitel 3.4.1, S. 33). Eine solche Herangehensweise steht darüber hinaus im Einklang mit dem Grundsatz des systematischen Aufbaus der GoM, da eine sichtübergreifende Integration erleichtert und eine eindeutige Zuordnung von Elementen zu der XML-Schemadefinition der Stoff- und Energiebilanzierung möglich wird. Folglich sollen Elementdeklarationen qualifiziert vorgenommen werden. Auf eine qualifizierte Deklaration der Attribute kann verzichtet werden.

Element- vs. Attributdeklaration

Attribute stellen zusätzliche Informationen zu einem Element bereit und können selbst nicht in weitere Unterelemente unterteilt werden (vgl. Kapitel 3.4, S. 23). Daraus ergibt sich eine Schwierigkeit bei der Beurteilung, ob ein Bestandteil als Element oder Attribut aufzufassen ist. Beispielsweise stellt die Angabe eines Namens ein Attribut dar, da es die Bezeichnung eines Elementes bestimmt. Aufgrund der Tatsache, dass ein Attribut in der Auszeichnungssprache XML selbst keine weiteren Unterelemente enthalten darf, ergibt sich eine Problematik, wenn z. B. Bezeichnung eines Umweltdatenobjektes weiteren Markup enthalten könnte, um besondere Sachverhalte zu verdeutlichen. Ebenso stellt die Kennzeichnung von Bestandteilen einer Einheit ein denkbare Problem dar, bei der Tiefstellungen von Zeichen durch Markup ausgedrückt werden sollen (z. B.

⁸⁵ Vgl. Echstein/Eckstein (2004), S. 49 f.

‚kg CO₂-Äquivalent‘). Demnach würde die Angabe von Namen und Einheiten in Form von Attributen eine Einschränkung im Hinblick auf ein allgemeingültiges und dauerhaftes Modell darstellen. Folglich sollen Eigenschaften die lediglich eine Beschreibung eines Elementes darstellen und nicht selbst weiteren Markup enthalten können, als Attribute deklariert werden.

Element vs. Typdeklaration

Eine globale Elementdeklaration wird bei Elementen vorgenommen, die an mehreren Stellen im XML-Schema wiederverwendet werden. Von einer globalen Deklaration von Attributen wird abgesehen, da dies die Verwendung von Namensraumpräfixen bei globalen Attributen erzwingen würde und damit im Widerspruch zur zuvor aufgestellten Regel für die Verwendung qualifizierter Namensräume stehen würde. Darüber hinaus würde eine globale Deklaration von Attributen sich als nachteilig bei der Erstellung und für die Klarheit des Modells erweisen.

Um den Änderungsaufwand bei einer möglichen Individualisierung des Modells zu verringern, werden alle Elemente, die weitere Inhaltskomponenten enthalten, als komplexe Typen modelliert, um eine Erweiterung oder Einschränkung auf Grundlage dieser Typen vornehmen zu können.

Datentypen

Elemente, die Umweltdatenobjekte (z. B. Stoff- und Energiestrom, Wirkungskategorie etc.) darstellen oder die an weiteren Stellen innerhalb einer Dokumentinstanz anderen Elementen zugeordnet werden, sollen zur eindeutigen Identifizierung ein Attribut `id` erhalten, das auf den Datentyp `NMTOKEN` eingeschränkt ist. Bei einer Zuordnung von Elementen wird die Integrität über Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen sichergestellt.

Über das Attribut `nillable` soll die Möglichkeit gegeben werden, bei allen Struktur und Inhaltskomponenten, das Nichtvorhandensein von Informationen anzuzeigen. Somit kann deutlich gemacht werden, dass z. B. Informationen über ein Umweltdatenobjekt zum Zeitpunkt der Erstellung des Dokumentes noch nicht erfasst wurden.

4.4.2 Computerunterstützte Modellierung

Für die Modellierung der Schemadefinition im Rahmen dieser Arbeit wurde die Software XML-Spy der Altova GmbH benutzt. Sie stellt eine XML-Entwicklungsumgebung

zur Verfügung, die unter anderem einen XML-Editor, einen grafischen Schema-Designer, einen Code-Generator und Funktionen zur Validierung von XML-Dokumenten und -Schemata enthält. Darüber hinaus unterstützt die Software die automatische Konvertierung von DTD in XML-Schema-Definitionen.⁸⁶

In der textbasierten Editor-Ansicht wird der Anwender durch Code-Komplettierung, kontextsensitive Eingabehilfen und Syntaxhilfen unterstützt. Dabei wird die Baumstruktur der Dokumente durch Einrückungen repräsentiert (siehe **Abb. 4.1**).

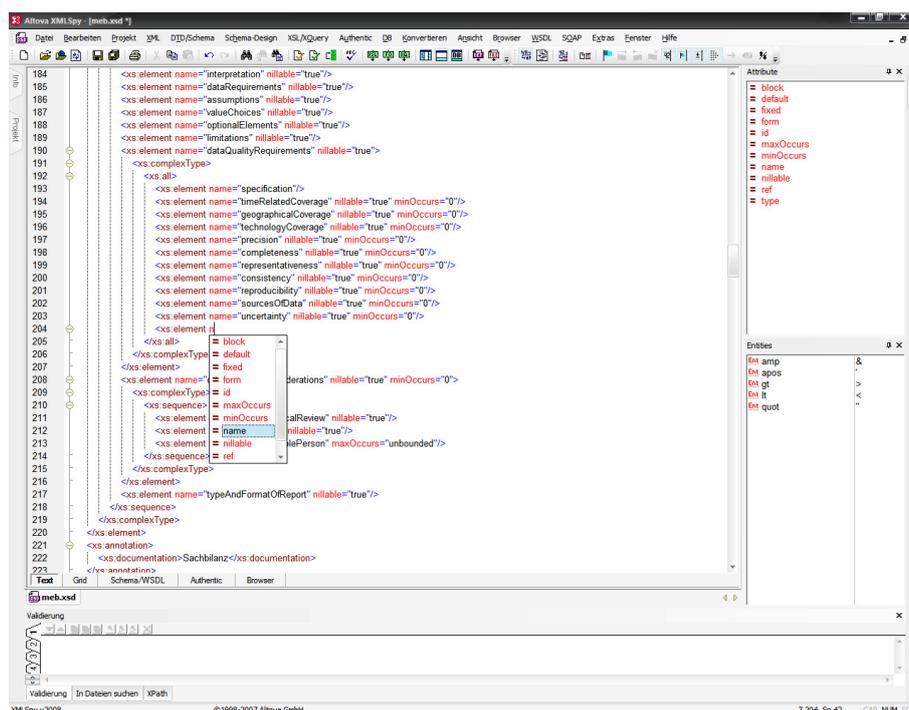


Abb. 4.1: Benutzeroberfläche von XML-Spy in der Editor-Ansicht

In der Schema-Design-Ansicht werden die Inhaltsmodelle der Elemente in einer aufklappbaren Baumdarstellung angezeigt (siehe **Abb. 4.2**, S. 47). Die Modellierung wird ebenfalls durch Komplettierungshilfen unterstützt, syntaktische Elemente zur Gestaltung werden in Abhängigkeit des Kontexts zur Verfügung gestellt.

⁸⁶ Vgl. Altova GmbH (2007b).

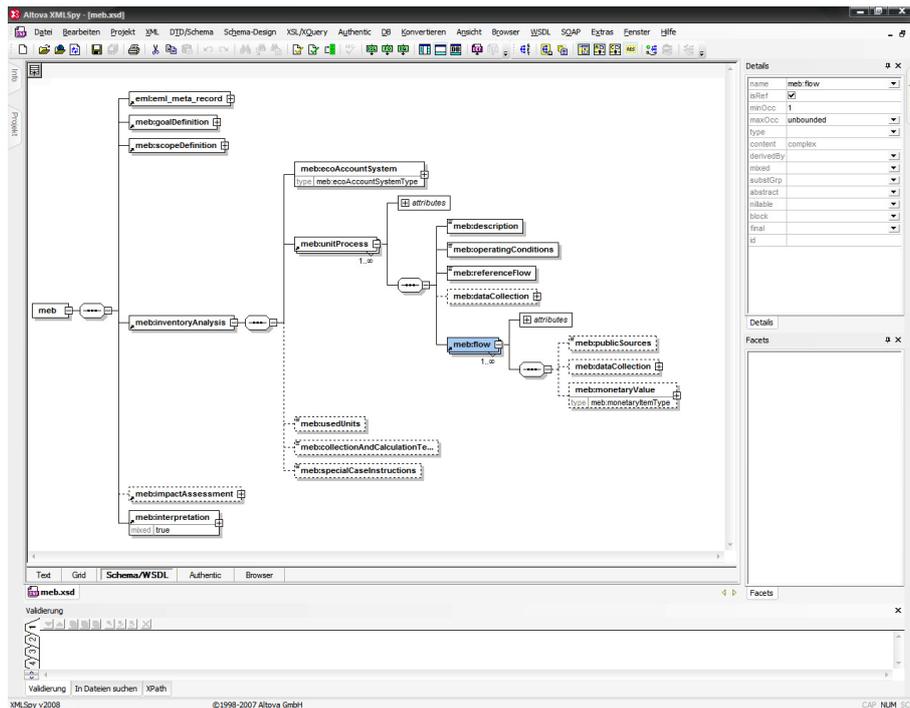


Abb. 4.2: Benutzeroberfläche von XML-Spy in der Schema-Design-Ansicht

Da in den folgenden Abschnitten die grafischen Darstellungen der Schema-Design-Ansicht für die Erklärung des Dokumenttypmodells von Nutzen sind, werden im Anschluss einige wichtige grafische Symbole und Elemente erklärt.

Elemente und Attribute werden durch Rechtecke repräsentiert, die bei Zugehörigkeit zu anderen Elementen mit diesen durch eine Linie verbunden sind. Die Inhaltsmodelle werden durch bestimmte Symbole dargestellt. In Abb. 4.3 folgen von links nach rechts jeweils auf ein Element: eine Sequenz, eine Kollektion und eine Auswahl. Enthält ein Element ein Inhaltsmodell, so wird dies durch ein Plus-Zeichen dargestellt (element4), welches durch Anklick mit der Maus erweitert werden kann.

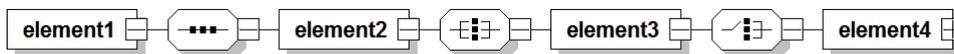


Abb. 4.3: Darstellung der Inhaltsmodelle in XML-Spy

In Abb. 4.4, S. 48 sind weitere Konzepte in der Schema-Design-Ansicht dargestellt. Optionale Elemente werden durch gestrichelte Linien und Umrandungen gekennzeichnet (Element b). Kann ein Element mehrfach auftreten, wird dies durch die Angabe der Häufigkeiten unter dem Rechteck des Elementes angezeigt (Element c kann einmal bis unbegrenzt auftreten). Inhaltsmodelle die eines komplexen Typs (Element x) darstellen, werden durch eine farbige Hinterlegung gekennzeichnet (Element c). Dem Element c vom Datentyp T wurde außerdem durch Erweiterung ein optionales Attribut z hinzugefügt.

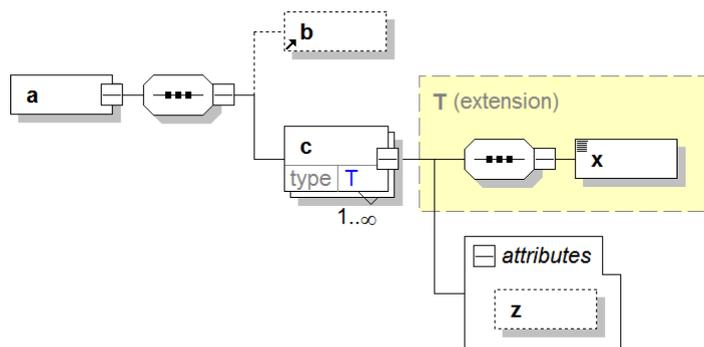


Abb. 4.4: Darstellung optionaler Elemente und erweiterter Inhaltstyp in XML-Spy

Globale Elemente werden in der grafischen Darstellung durch einen Pfeil gekennzeichnet (Element b).

Nachdem die Grundlagen der Modellierung, das Programm XML-Spy und dessen grafische Darstellung erklärt wurden, werden im Anschluss die notwendigen Schritte erläutert, die für die Integration der EML in das XML-Schema durchgeführt wurden.

4.4.3 Integration von Metainformationen mit der EML

Für eine Darstellung von Metainformationen einer Stoff- und Energiebilanzierung wurde die *Environmental Markup Language* ausgewählt (vgl. Kapitel 4.1, S. 36). Da die EML zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit lediglich in einer XML-DTD vorlag, wurde eine Umwandlung dieser DTD in eine XML-Schemadefinition vorgenommen.

In GÓMEZ et al. (2004) wird eine solche Umwandlung besprochen, dabei werden im Wesentlichen zwei Schritte für die Umwandlung einer DTD identifiziert:⁸⁷

1. automatische Umwandlung der DTD mit Hilfe eines XML-Editors,
2. manuelle Nachbesserung bzw. Anpassung der Datentypen

In dem ersten Schritt erfolgte die automatische Umwandlung der DTD der EML in eine XML-Schemadefinition mit Hilfe von XML-Spy. Dabei wurden die Einstellungen so gewählt, dass komplexe Elemente zunächst als Elemente dargestellt werden sollten. Als Ergebnis dieser automatischen Konvertierung ergab sich ein Schema mit 56 globalen Elementdeklarationen.

In dem zweiten Schritt wurden Elemente, die weitere Inhaltsmodelle enthalten, in komplexe Typen überführt und anschließend alle Elemente, die keine weiteren Inhalts-

⁸⁷ Vgl. Gómez et al. (2004), S. 238 f.

modelle besitzen (die Blätter einer Baumdarstellung), in lokale Elemente umgewandelt, sofern sie an anderer Stelle nicht wiederverwendet wurden. Danach wurden ausgewählte Elemente auf bestimmte Datentypen eingeschränkt.

Das erstellte XML-Schema der EML ist in Anhang B, S. 105 angegeben. Im folgenden Abschnitt werden die Bestandteile der EML und ihre Bedeutung kurz erläutert, dabei wird auf die vorgenommenen Einschränkungen der Datentypen eingegangen.

Grobstruktur der EML

In **Abb. 4.5** ist die Grobstruktur des XML-Schemas der EML dargestellt. Für eine Harmonisierung wurde das Wurzelement an die Kamelschreibweise (siehe Kapitel 4.4.1, S. 44) angepasst.

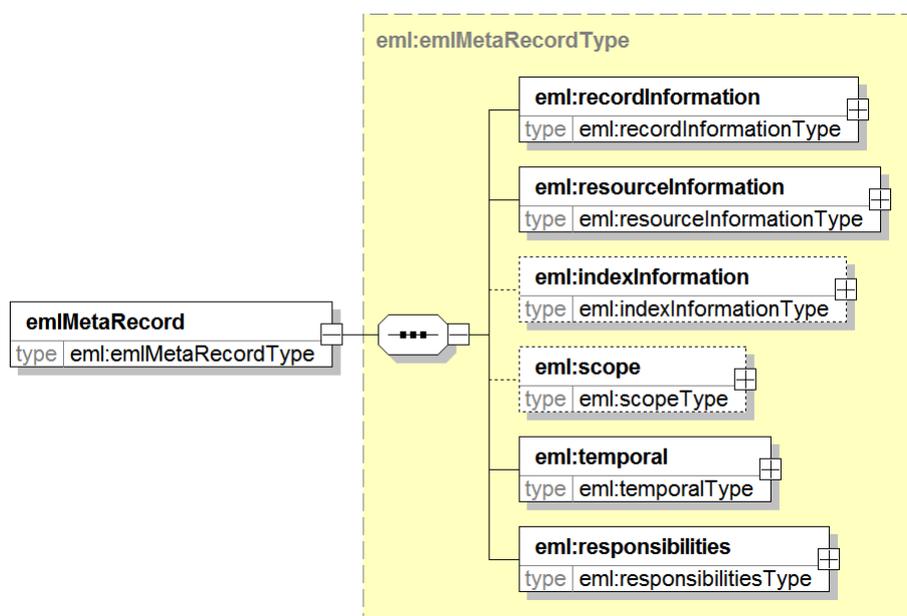


Abb. 4.5: Inhaltsmodell des EML-Wurzelementes

Es umfasst Elemente zur Angabe von:⁸⁸

- Datensatzinformationen (`recordInformation`),
- Datenquelleninformationen (`resourceInformation`),
- Indizierungsinformationen (`indexInformation`),
- Informationen zum Anwendungsbereich (`scope`),

⁸⁸ Vgl. Arndt et al. (2001), S. 137 f.

- Informationen zum zeitlichen Bezug (*temporal*),
- Informationsverantwortlichen (*responsibilities*).

Im Folgenden werden diese Bestandteile näher erläutert und auf deren Bedeutung eingegangen.

Angabe von Datensatzinformationen

In **Abb. 4.6** ist das Inhaltsmodell des Elementes `recordInformation` dargestellt. Es enthält allgemeine Angaben zum Dokument und zu den Metainformationen.

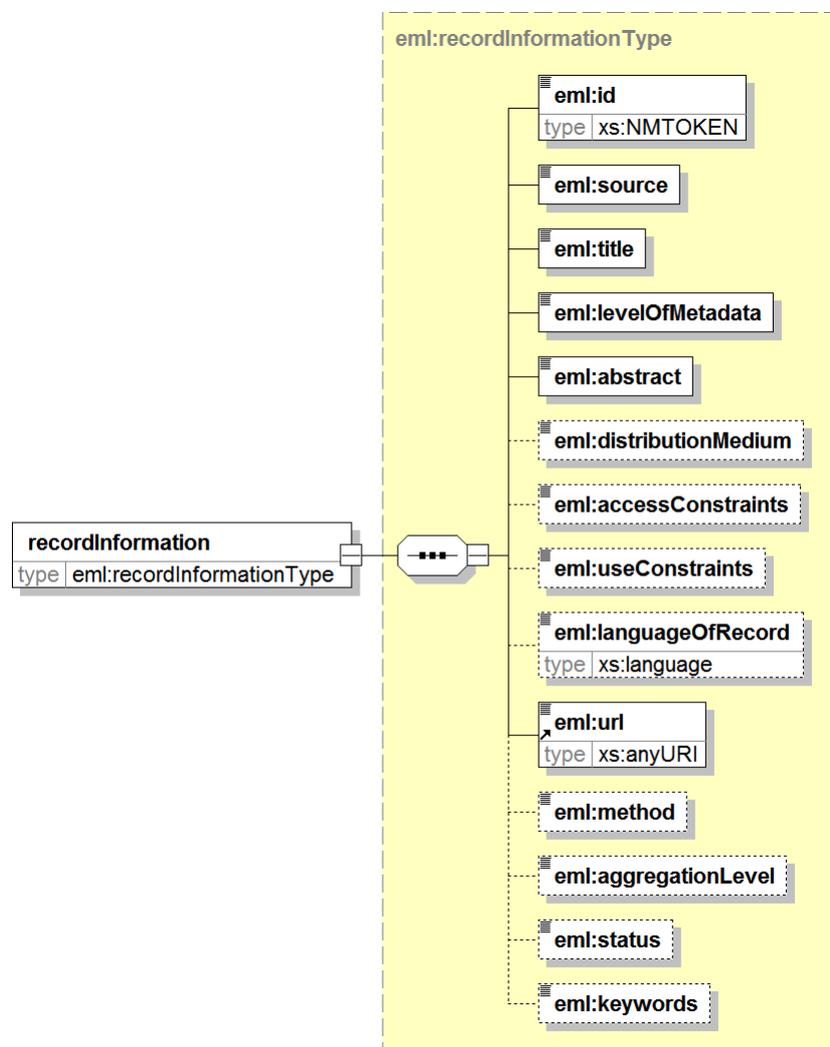


Abb. 4.6: Informationen über den Inhalt des Dokumentes

Im Folgenden werden die Elemente und deren Bedeutung aufgeführt.⁸⁹

- `source`: Angabe eines physikalischen oder logischen Ortes (z. B. Pfadangabe im Dateisystem, URI oder geografischer Ort)⁹⁰
- `titel`: Titel des Dokumentes
- `levelOfMetadata`: Die Metadatenebene liefert Informationen zum Grad der Detaillierung bei der Beschreibung der Metainformationen
- `abstract`: Prägnante Inhaltsangabe
- `distributionMedium`: Art der Verteilung (z. B. World Wide Web)⁹¹
- `accessConstraints`: Zugriffsbeschränkungen
- `useConstraints`: Nutzungseinschränkungen
- `languageOfRecord`: Verwendete Sprache der Metainformationen
- `url`: Angabe eines Uniform Resource Locator (URL)
- `method`: Die Methodik der Datenerhebung
- `aggregationLevel`: Informationen über die Art der Datenaggregation
- `status`: Status des Datensatzes⁹²
- `keywords`: Schlüsselwörter zur Beschreibung des Gegenstandes der Daten

Im Hinblick auf die Harmonisierung mit dem zu erstellenden Schema für die Stoff- und Energiebilanzierung, wurde das Element `id` auf den Datentyp `NMTOKEN` eingeschränkt und die Schreibweise der Kamelschreibweise angepasst, da eine Großschreibung des Elementes nach Ansicht des Autors keinen informativen Mehrwert mit sich bringt.

Das Element `languageOfResource` ist zur Angabe der im Dokument verwendeten Sprache vorgesehen. Deshalb wurde es auf den Datentyp `language` eingegrenzt. Da das Element `url` für die Angabe einer URL vorgesehen ist, wurde es auf den Typ `anyURI` festgelegt. Aufgrund des mehrfachen Auftreten des Elementes `url`, wurde dieses als globales Element deklariert, um eine Wiederverwendung zu ermöglichen.

⁸⁹ Vgl. Arndt et al. (2001), S. 137-139.

⁹⁰ Vgl. Arbeitsgruppe EML-UIS (Hrsg.) (1999), S. 127.

⁹¹ Vgl. Arbeitsgruppe EML-UIS (Hrsg.) (1999), S. 131.

⁹² Vgl. Arndt (1999), S. 135.

Angaben zu den Datenquellen

Das Element zur Angabe der Datenquellen (`resourceInformation`) ist in **Abb. 4.7** dargestellt. Es umfasst die verwendete Sprache der Umweltdatenobjekte (`languageOfResource`), die Größe (`sizeOfResource`), die Art (`typeOfResource`), das Format (`formatOfResource`) und verbundene Datenquellen (`relatedResources`).

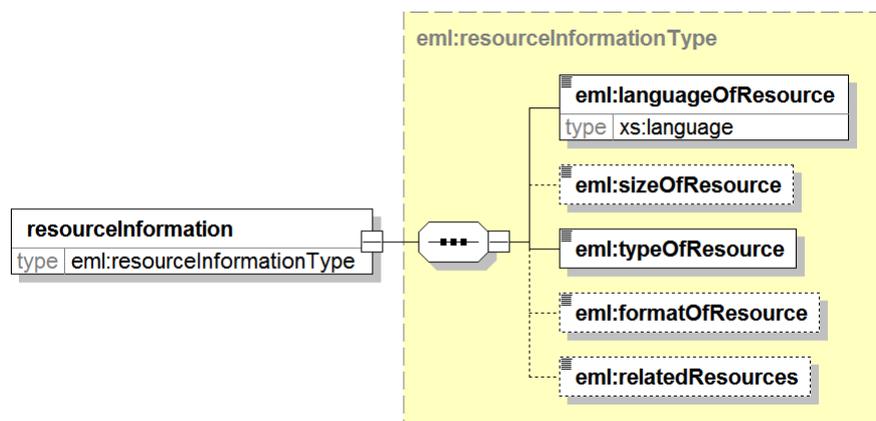


Abb. 4.7: Technische Informationen des Dokumentes

Indizierungsinformationen

Für eine Verschlagwortung können im Element `indexInformation` Suchbegriffe aus einem Umwelthesaurus (`controlledVocabulary`) oder freie Begriffe (`unControlledVocabulary`) verwendet werden (siehe **Abb. 4.8**).⁹³

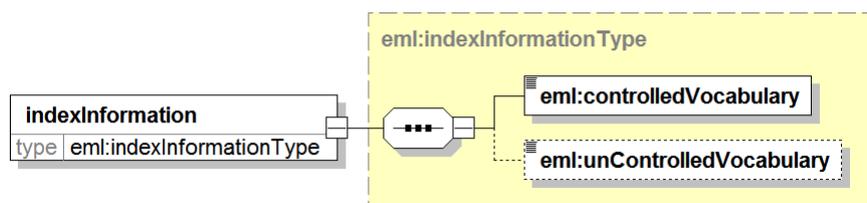


Abb. 4.8: Informationen zum verwendeten Vokabular

Informationen zum Anwendungsbereich

Das Element `scope` dient der Angabe des Anwendungsbereiches, indem ein Bezugspunkt (`referencePoint`) und ein räumlicher Bereich in Form einer Bounding Box (`boundingBox`) angegeben werden kann (siehe **Abb. 4.9**, S. 53). Ein Bezugspunkt kann z. B. ein geografischer Ort, ein Unternehmensbereich, Prozess oder Produkt sein. Eine

⁹³ Vgl. Arndt et al. (2001), S. 138; Kruse et al. (2001).

Bounding Box umschreibt durch die Angabe der Begrenzungen im Norden (*north*), Osten (*east*), Süden (*south*) und Westen (*west*) ein bestimmtes Gebiet.

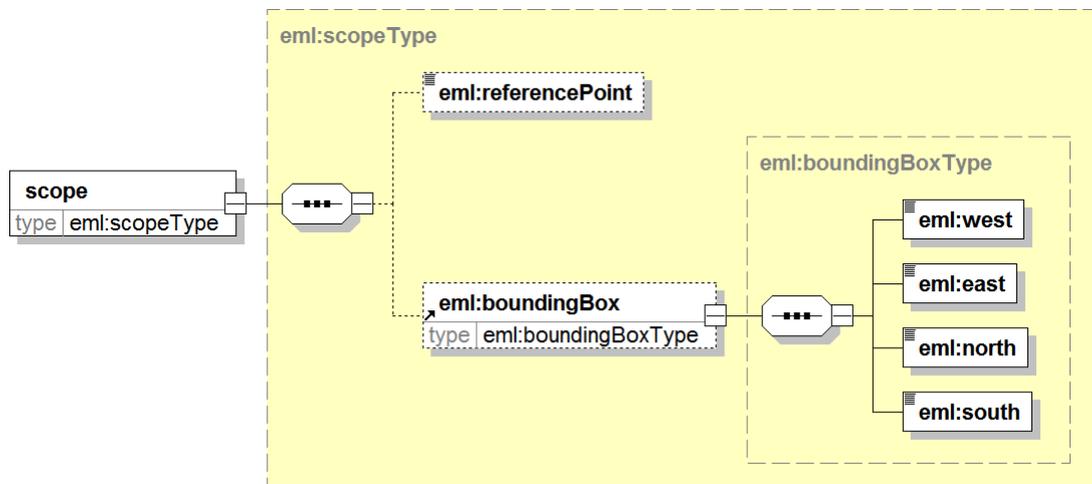


Abb. 4.9: Angaben zum Geltungsbereich

Informationen zum zeitlichen Bezug

Das Element `temporal` ermöglicht die Angabe des zeitlichen Bezugsraumes (`temporalCoverage`) durch ein Start- und End-Datum (`startDate`, `endDate`) (siehe **Abb. 4.10**). Des Weiteren kann entweder ein Veröffentlichungsdatum (`publicationDate`) oder der Zeitpunkt der letzten Änderung (`dateOfLastUpdateOfRecord`) angegeben werden.

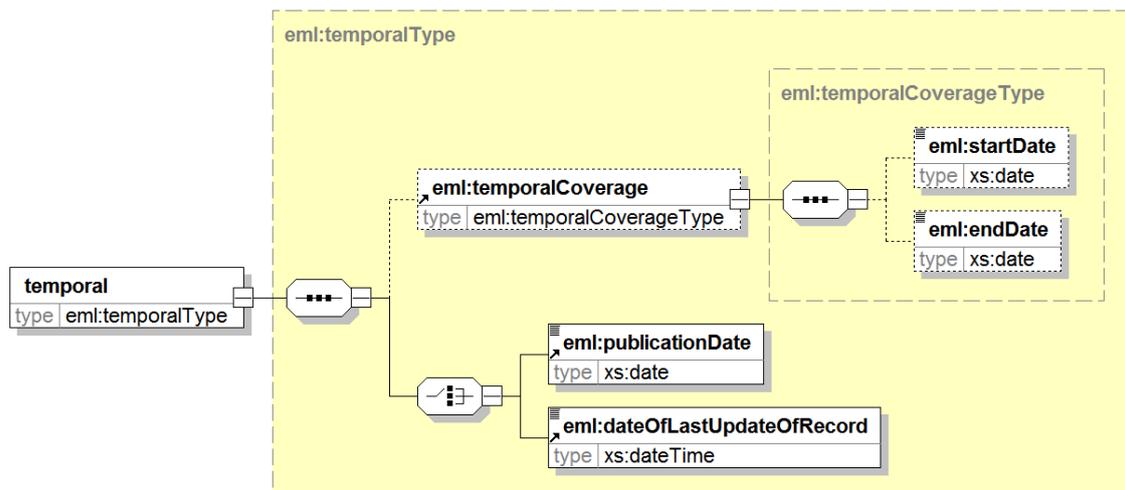


Abb. 4.10: Zeitliche Abdeckung und Datum der Veröffentlichung

Um eine genauere Unterscheidung des Änderungsstandes einer Dokumentinstanz zu ermöglichen, wurde der Datentyp `dateTime` für das Element zur Angabe der letzten

Änderung gewählt. Somit kann der Zeitpunkt der letzten Änderung mit einer Genauigkeit von Sekunden angegeben werden.

Verantwortlichkeiten

Zur Angabe der Informationsverantwortlichen sind in der EML Elemente für die Angabe des Urhebers (`authorOriginator`), des Vertreibers (`distributor`) und zur Angabe von Kontaktinformationen (`contact`) vorgesehen (siehe **Abb. 4.11**).

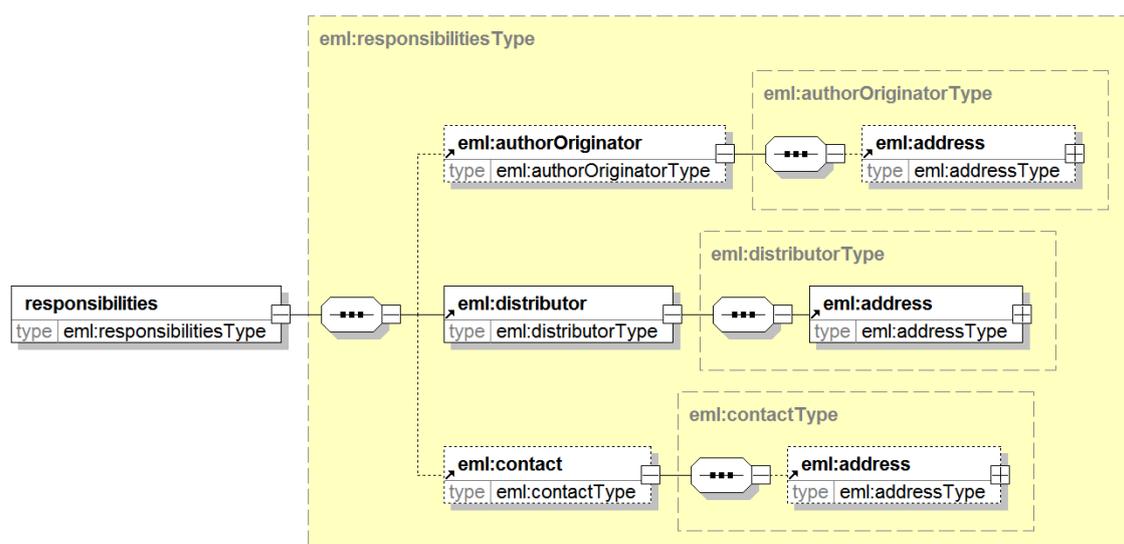


Abb. 4.11: Verantwortlichkeiten

Dabei wird diesen Informationseinheiten jeweils das globale Element `address` zugeordnet, welches die Angabe von Name (`name`), Organisation (`organisation`), Adresse (`street`, `city`, `state`, `zip`, `country`), E-Mail (`email`), Telefon (`telefon`), Fax (`fax`) und URL (`url`) ermöglicht (siehe **Abb. 4.12**, S. 55).

Einschränkungen der Datentypen wurden bei den Elementen `email`, `telephone` und `fax` in Form von Mustern vorgenommen, welche die erlaubten Zeichen und die Reihenfolge des Auftretens vorschreiben.

So ist es bei der Angabe der Telefon und Faxnummer möglich, diese mit oder ohne führendem Plus-Zeichen für Länderkürzel, mit oder ohne Klammerzeichen bzw. Schrägstrich, zur Abtrennung von Vorwahlen und mit oder ohne Leerzeichen zwischen einzelnen Nummernblöcken anzugeben. Das Element `email` wurde durch die Angabe von Mustern derart eingeschränkt, dass nur Zeichenketten angegeben werden können, die mit dem Aufbau einer E-Mail-Adresse übereinstimmen.⁹⁴

⁹⁴ Der Aufbau einer E-Mail-Adresse wird in den technischen Dokumenten zum Internet, den *Requests for Comments (RFC) 2822* beschrieben.

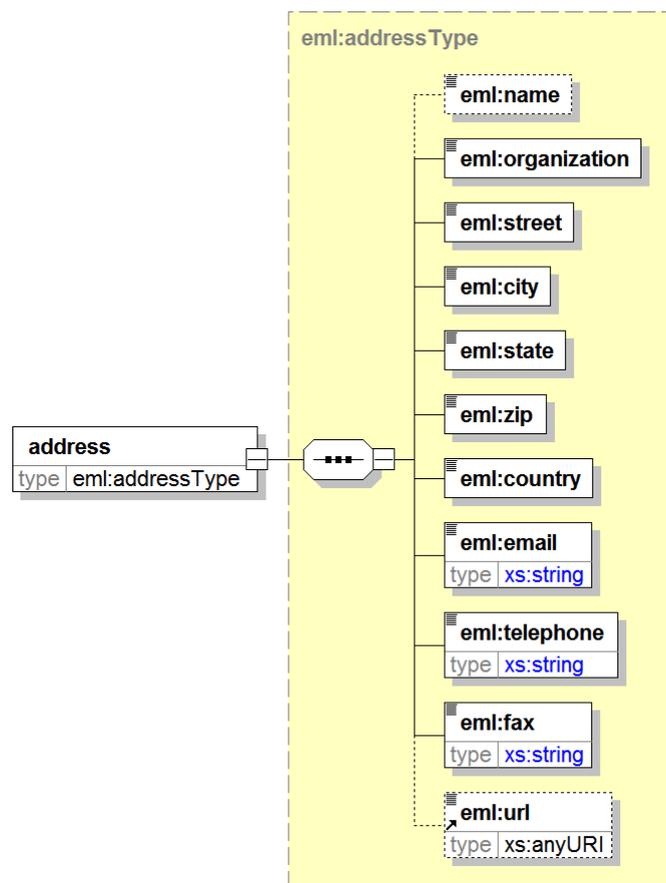


Abb. 4.12: Angabe von Adressdaten

Nachdem die Inhaltskomponenten der EML erläutert wurden, folgt im nächsten Abschnitt eine Darstellung der Grobstruktur der XML-Schemadefinition.

4.4.4 Grobstruktur der XML-Schemadefinition für die Stoff- und Energiebilanzierung

In einem ersten Schritt der Modellierung wurde die, von den relevanten semantischen Komponenten vorgegebene Grobstruktur, in eine XML-Schemadefinition überführt (siehe Abb. 4.13, S. 56). Das Wurzelement `materialAndEnergyBalance` stellt die Gesamtheit der Stoff- und Energiebilanz dar. Sie ist unterteilt in Angaben über das Dokument (`emlMetaRecord`), die Definition des Ziels der Studie (`goalDefinition`), die Festlegung des Untersuchungsrahmens (`scopeDefinition`), die Sachbilanz (`inventoryAnalysis`), die Wirkungsabschätzung (`impactAssessment`) und die Auswertung (`interpretation`). Die Hauptbestandteile der Stoff- und Energiebilanz wurden als Sequenz modelliert, wodurch der iterative Prozess der Erstellung widergespiegelt wird.

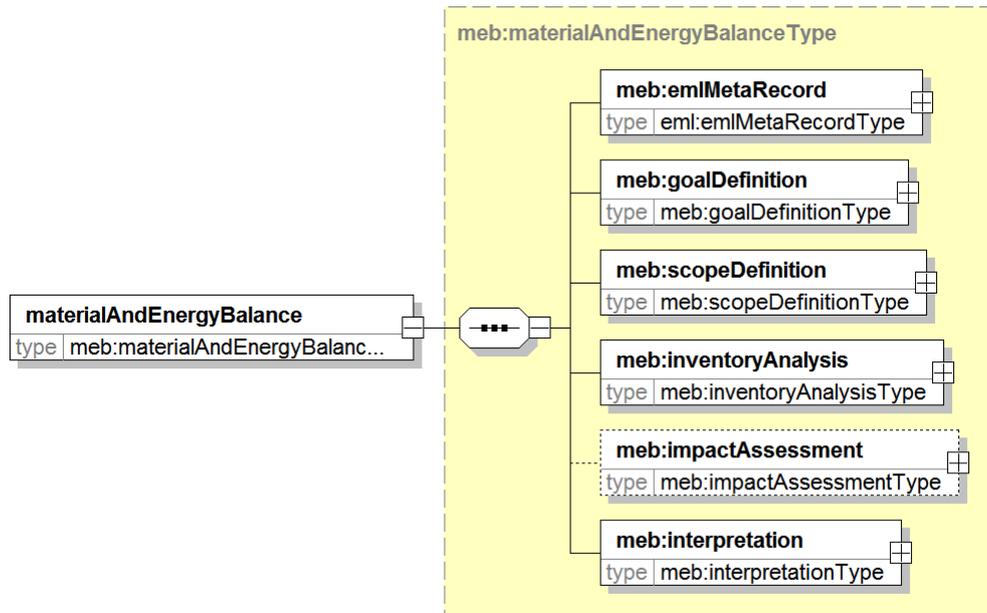


Abb. 4.13: Grobstruktur der XML-Schemadefinition

Das Element `emlMetaRecord` enthält die Gesamtheit der Komponenten der EML, die in Kapitel 4.4.3, S. 48 beschrieben wurden.

4.4.5 Zieldefinition

Neben der eigentlichen Angabe des Ziels der Studie (`goal`) werden die beabsichtigte Anwendung (`intendedApplication`), die Gründe für die Durchführung der Studie (`reasons`) und die angesprochene Zielgruppe (`targetAudiences`) beschrieben. Des Weiteren wird angegeben, ob die Ergebnisse für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt sind (`publicationStatement`) (siehe **Abb. 4.14**, S. 57).⁹⁵

Durch das Inhaltsmodell der Kollektion wird sichergestellt, dass alle Elemente innerhalb der Zieldefinition auftreten müssen, die Reihenfolge dabei jedoch beliebig gewählt werden kann.

⁹⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 15 f.

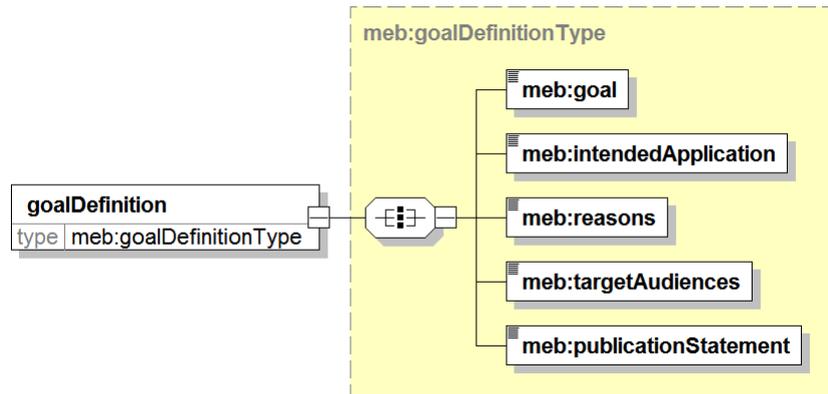


Abb. 4.14: Zieldefinition

4.4.6 Festlegung des Untersuchungsrahmens

Der Untersuchungsrahmen soll sicherstellen, dass Breite, Tiefe und Einzelheiten der Studie widerspruchsfrei und hinreichend für das angegebene Ziel sind.⁹⁶ In **Abb. 4.15**, S. 58 sind die Bestandteile der ersten Hierarchieebene dargestellt.

⁹⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 23.

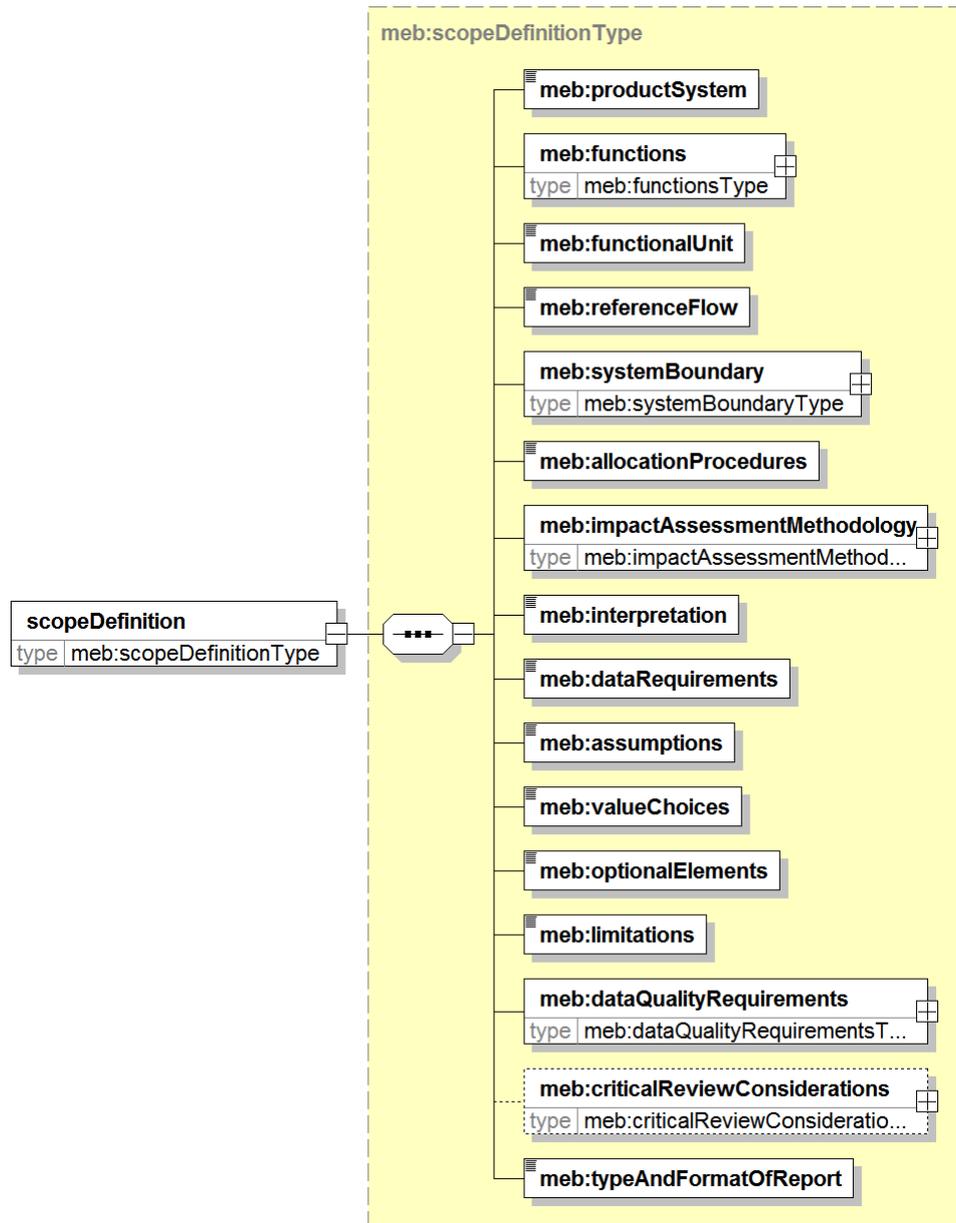


Abb. 4.15: Definition des Untersuchungsrahmens

Im folgenden werden die einzelnen Bestandteile der Festlegung des Untersuchungsrahmens kurz beschrieben:⁹⁷

- Produktsystem (`productSystem`): Ein Produktsystem umfasst mehrere Prozessmodule (der Begriff Prozessmodul ist definiert als „kleinster in der Sachbilanz berücksichtigter Bestandteil, für den Input- und Outputdaten quanti-

⁹⁷ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 16-23; DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 22-25; zu Definitionen der Begriffe: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 8-15.

fiziert werden⁹⁸), die den Lebensweg eines Produktes modellieren. Das betrachtete Produktsystem soll eindeutig beschrieben werden

- Funktionen des Produktsystems (`functions`): Angabe der Funktionen des Produktsystems, die für die Studie ausgewählt werden
- Funktionelle Einheit (`functionalUnit`): Festlegung des quantifizierten Nutzens des Produktsystems
- Referenzfluss (`referenceFlow`): Festlegung eines Referenzflusses, als Maß für die Outputs von Prozessen eines Produktsystems
- Systemgrenze (`systemBoundary`): Durch die Systemgrenze wird festgelegt, welche Prozessmodule in der Studie enthalten sind
- Allokationsverfahren (`allocationProcedures`): Angaben über die verwendeten Verfahren zur Zuordnung von In- und Outputs zu verschiedenen Prozessmodulen oder Produktsystemen
- Methode der Wirkungsabschätzung (`impactAssessmentMethodology`): Nennung und Beschreibung der berücksichtigten Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle
- Methoden zur Auswertung (`interpretation`): Angaben zu den in der Auswertungsphase verwendeten Methoden
- Anforderungen an die Daten (`dataRequirements`): Anforderungen, die an die Daten gestellt werden
- Annahmen (`assumptions`): Annahmen, unter denen die Studie durchgeführt wird
- Werthaltungen (`valueChoices`): Angaben über die Werthaltungen
- optionale Elemente (`optionalElements`): Optionale Elemente
- Einschränkungen (`limitations`): Angabe von Einschränkungen
- Anforderungen an die Datenqualität (`dataQualityRequirements`): Allgemeine Festlegung der Merkmale der Daten

⁹⁸ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 12.

- Aspekte der kritischen Prüfung (*criticalReviewConsiderations*): Festlegungen bezüglich der kritischen Prüfung, falls diese vorgesehen ist
- Art und Aufbau des vorgesehenen Berichts (*typeAndFormatOfReport*): Angaben über die Art und den Aufbau des vorgesehenen Berichts

Da Angaben über die kritische Prüfung nur gemacht werden, wenn eine solche Prüfung geplant ist, wurde dieser Bestandteil als optionales Element modelliert.

Funktionen des Produktsystems

In der DIN EN ISO 14044:2006 werden weitere Anforderungen an die Angaben zu den Funktionen des Produktsystems gestellt. Neben der Beschreibung der Leistungsmerkmale (*performanceCharacteristics*), müssen Angaben über eventuell nicht berücksichtigte Funktionen (*omissions*) gemacht werden, wenn Produktsysteme verglichen werden (siehe **Abb. 4.16**).

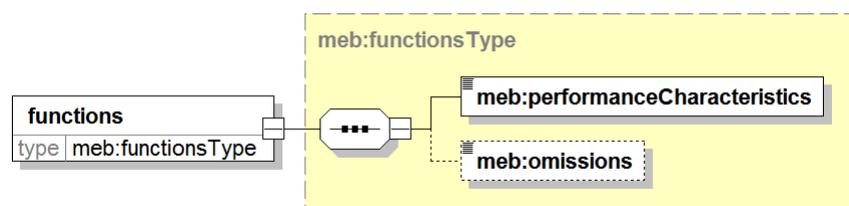


Abb. 4.16: Funktionen des Produktsystems

Systemgrenzen

Das Element zur Festlegung der Systemgrenzen ist in **Abb. 4.17**, S. 61 dargestellt. Die Systemgrenzen werden beschrieben, indem alle in der Studie betrachteten Prozessmodule aufgelistet werden (*unitProcessInventory*). Um die Wechselbeziehungen der Prozessmodule zu verdeutlichen, kann ein optionales Systemfließbild (*processFlowDiagram*) angegeben werden.

Sollen Lebenswegabschnitte, Prozessmodule, Inputs oder Outputs bei der Betrachtung ausgelassen werden, so müssen die Gründe und Auswirkungen dokumentiert werden (*omissions*). Des Weiteren müssen Abschneidekriterien (*cutOffCriteria*) anhand derer bestimmt wird, welche Massen-, Energien- oder Mengenströme bei der Erfassung von In- und Outputs nicht berücksichtigt werden, eindeutig beschrieben werden.⁹⁹

⁹⁹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 18.

Sind Anpassungen der Systemgrenzen im Laufe der Studie notwendig, müssen die Ergebnisse des Anpassungsprozesses dokumentiert werden (*refinement*).¹⁰⁰

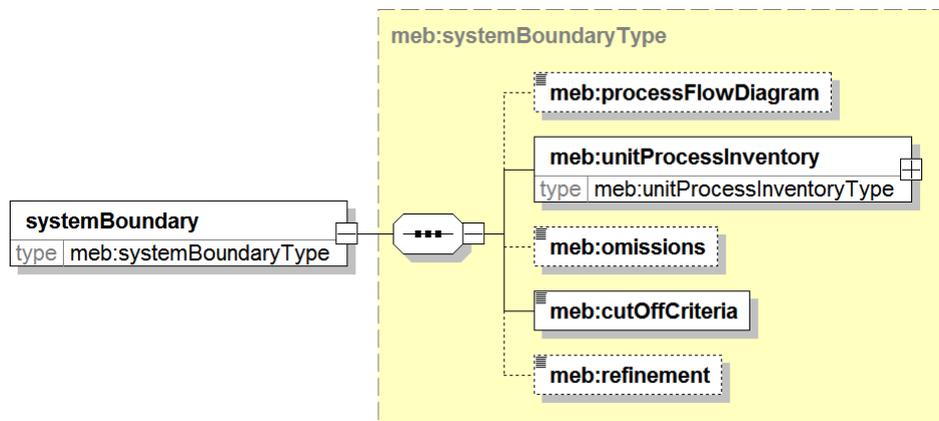


Abb. 4.17: Beschreibung der Systemgrenzen

Die Auflistung der Prozessmodule ist in **Abb. 4.18** dargestellt. Für alle in der Studie berücksichtigten Prozessmodule soll festgelegt werden:¹⁰¹

- der Anfang hinsichtlich der Zuführung von Rohstoffen (*begin*),
- die Art der Bearbeitung und der Arbeitsvorgänge (*transformations*) sowie
- das Ende des Prozessmoduls hinsichtlich der Endprodukte (*end*).

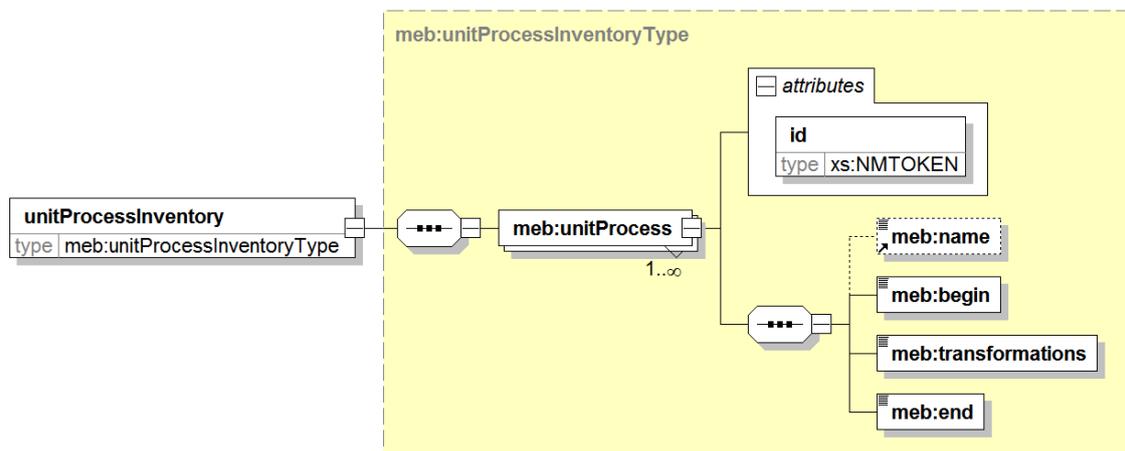


Abb. 4.18: Auflistung der Prozessmodule

Für eine eindeutige Zuordnung der im Untersuchungsrahmen angegebenen Prozessmodule, zu den in der Sachbilanz verwendeten Prozessmodulen, wurde das Attribut *id*

¹⁰⁰ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 28.

¹⁰¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 18.

eingefügt. Optional wird die Möglichkeit gegeben, eine Bezeichnung der Prozessmodule anzugeben (*name*).

Methode der Wirkungsabschätzung

In dem Element *impactAssessmentMethodology* (siehe **Abb. 4.19**) werden die für die Methode der Wirkungsabschätzung zu verwendenden Wirkungskategorien (*impactCategory*), Wirkungsindikatoren (*categoryIndicator*) und Charakterisierungsmodelle (*characterizationModel*) in Übereinstimmung mit dem Ziel der Studie ausgewählt.¹⁰²

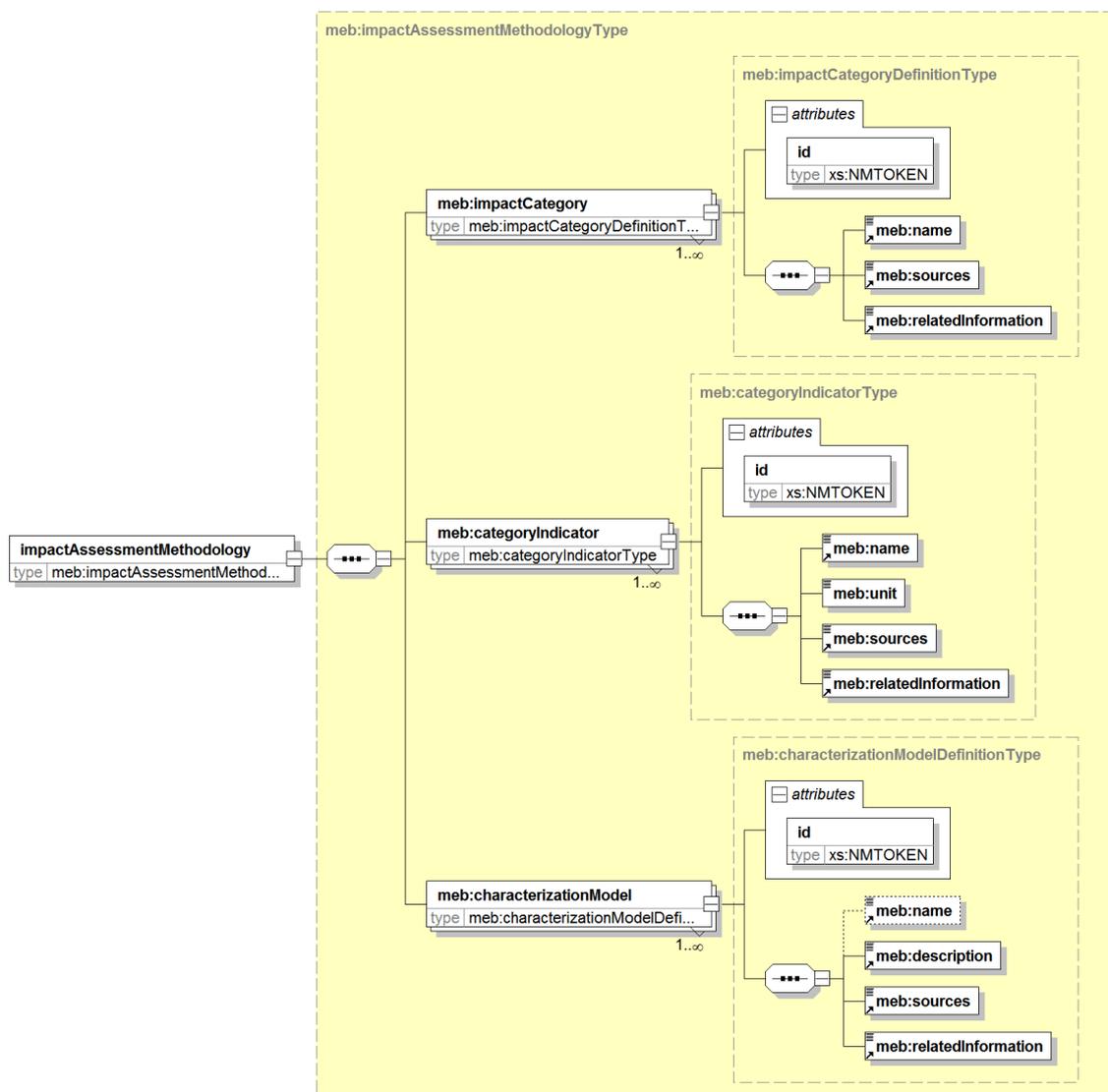


Abb. 4.19: Methode für die Wirkungsabschätzung

¹⁰² Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 20.

Um eine Zuordnung dieser Bestandteile innerhalb der späteren Wirkungsabschätzung zu ermöglichen, wurde jedem der drei Elemente ein eindeutiger Identifikationsschlüssel (`id`) zugewiesen. Des Weiteren sind die von der Norm, im Teil zur Wirkungsabschätzung geforderten Angaben zu den Quellen (`sources`) und verbundene Informationen (`relatedInformation`), aus Gründen der Effizienz und zur Erfüllung der Grundsätze der Klarheit aus den GoM, bereits an dieser Stelle in das Modell eingeflossen. Wirkungskategorien und -indikatoren müssen außerdem eine genaue und anschauliche Bezeichnung (`name`) erhalten.¹⁰³

Die Bezeichnung der Charakterisierungsmodelle wird optional ermöglicht, da sie keine Anforderung nach DIN EN ISO 14044:2006 darstellt.

Anforderungen an die Datenqualität

Um das Ziel der Studie und den Untersuchungsrahmen einhalten zu können, müssen Anforderungen an die Qualität der Daten beachtet werden. In **Abb. 4.20**, S. 64 ist die modellierte Umsetzung der Anforderungen an die Qualität der Daten (`specification`) schematisch wiedergegeben. Im Falle von Studien, die zur Veröffentlichung vorgesehene vergleichende Aussagen enthalten, müssen darüber hinaus folgende Punkte berücksichtigt werden:¹⁰⁴

- zeitbezogener Erfassungsbereich (`timeRelatedCoverage`): Alter der Daten und kleinstes Zeitintervall über das Daten gesammelt werden
- geografischer Erfassungsbereich (`geographicalCoverage`): geografischer Bereich, aus dem Daten gesammelt werden
- technologischer Erfassungsbereich (`technologyCoverage`): spezifische Technologie oder Technologiemix
- Präzision (`precision`): Maß der Schwankungsbreite der Daten
- Vollständigkeit (`completeness`): prozentualer Anteil der gemessenen Daten der Flüsse
- Repräsentativität (`representativeness`): qualitative Einschätzung, wie sehr die gemessenen Daten die wahre Grundgesamtheit widerspiegelt

¹⁰³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 34.

¹⁰⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 21.

- Konsistenz (*consistency*): qualitative Einschätzung, ob die Methodik der Studie auf unterschiedliche Komponenten einheitlich angewendet wird
- Vergleichspräzision (*reproducibility*): qualitative Einschätzung über das Ausmaß, in dem ein unabhängiger Ersteller anhand der Informationen über Methodik und der Datenwerte der Studie, die Ergebnisse reproduzieren kann
- Datenquellen (*sourcesOfData*): Anforderungen an die Datenquellen
- Unsicherheit der Information (*uncertainty*): Unsicherheit von z. B. Daten, Modellen und Annahmen

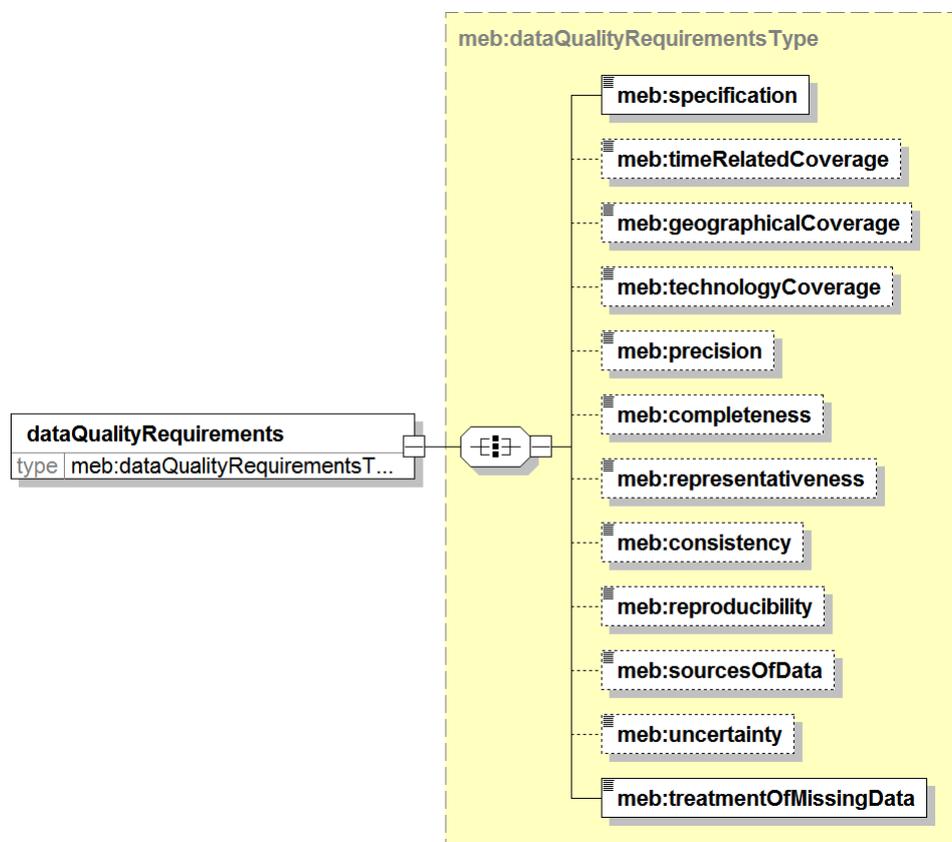


Abb. 4.20: Anforderungen an die Datenqualität

Im Falle von fehlenden Daten, muss deren Handhabung dokumentiert werden. Dazu wurde das Element `treatmentOfMissingData` vorgesehen.¹⁰⁵

Aspekte der kritischen Prüfung

Das Element zur Beschreibung der Aspekte der kritischen Prüfung ist in **Abb. 4.21**, S. 65 dargestellt. Es umfasst Angaben zur Art der kritischen Prüfung

¹⁰⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 22.

(`typeOfCriticalReview`), der Durchführung (`execution`) und der Person, die für die Durchführung verantwortlich ist (`responsiblePerson`).¹⁰⁶

Da in der EML bereits ein Element zur Repräsentation einer Person vorhanden ist, wurde das Element `responsiblePerson`, als eine Erweiterung des Typs `addressType` der EML modelliert (vgl. Kapitel 4.4.3 S. 54). Die in der DIN EN ISO 14044:2006 geforderte Angabe über den Grad der Sachkenntnis der durchführenden Person, wurde durch das Element `expertise` ermöglicht.

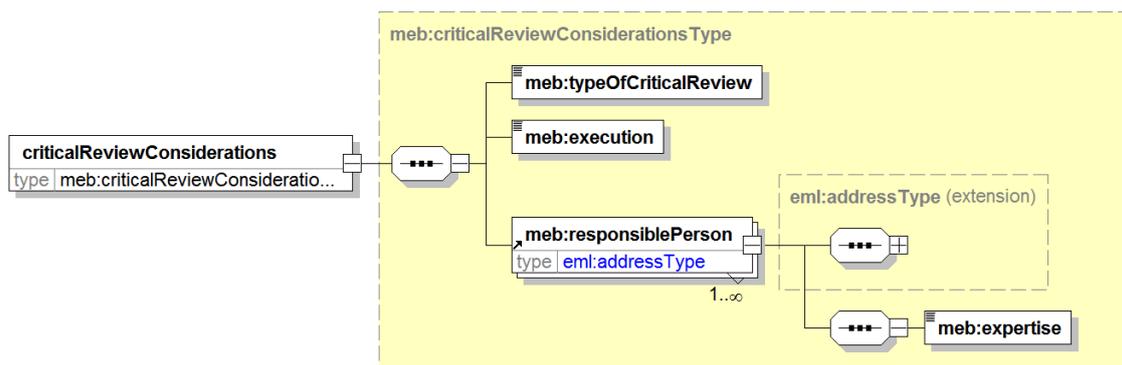


Abb. 4.21: Aspekte der kritischen Überprüfung

Nachdem die Elemente des Untersuchungsrahmens detailliert beschrieben wurden, folgt im nächsten Abschnitt eine Beschreibung der Elemente der Sachbilanz.

4.4.7 Sachbilanzierung

Nachdem in der ersten Phase der Ökobilanz das Ziel und der Untersuchungsrahmen festgelegt wurden, folgen in der Sachbilanz-Phase die „[...] Datenerhebungen und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputflüsse eines Produktsystems.“¹⁰⁷ Dabei werden für jedes Prozessmodul die qualitativen und quantitativen Daten durch Messung, Berechnung oder auf Grundlage einer Schätzung ermittelt.¹⁰⁸

Eine schematische Repräsentation des Elementes zur Sachbilanz ist in **Abb. 4.22**, S. 66 dargestellt. Das Element `ecoAccountSystem` ermöglicht die Einordnung aller Stoffe und Energien in den Öko-Kontenrahmen. Das Element `unitProcessAssignment` stellt die Auflistung der Prozessmodule dar. Die bei der Datenerhebung benutzten Einheiten (`usedUnits`) müssen festgelegt werden. Weitere Informationen zu den verwendeten

¹⁰⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

¹⁰⁷ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 30.

¹⁰⁸ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

Datenerhebungs- und Berechnungsverfahren werden in dem Element `documentation` angegeben.¹⁰⁹

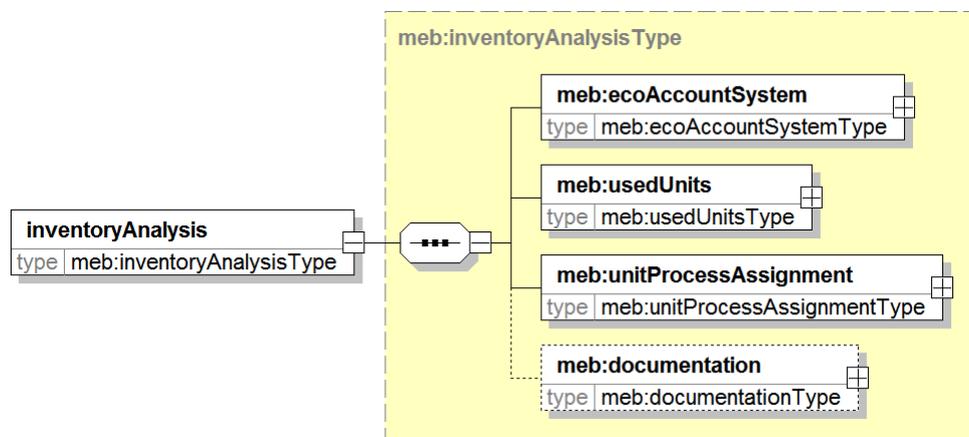


Abb. 4.22: Elemente der Sachbilanz

4.4.7.1 Öko-Kontenrahmen

Für eine Einordnung der Stoff- und Energieströme in den Öko-Kontenrahmen, wurde in Anlehnung an die Art der Zuordnung zu Materialgruppen bzw. Kostenartenschlüssel der PAS 1025 (vgl. Kapitel 2.2.3, S. 10) ein Typ `ecoAccountSystemType` erstellt. Dieser kann eine beliebige Anzahl von `accountSystem`-Elementen enthalten kann (siehe **Abb. 4.23**, S. 67). Jedes dieser Elemente stellt einen Öko-Kontenrahmen dar und wird durch das Attribut `id` eindeutig identifiziert.

Eine hierarchische Zuordnung wird über das Attribut `parentId` realisiert. Somit kann ein Ökokontenrahmen in einzelne Umwelt-/Kostenarten unterteilt werden. Haben mehrere von ihnen den gleichen Vorfahren, wird eine Gruppe gebildet. Bei einem Element, welches keinen übergeordneten Öko-Kontenrahmen besitzt, wird der eigene Identifikationsschlüssel zugeordnet.

Falls eine bestimmte Reihenfolge für die Darstellung der Öko-Kontenrahmen gewünscht wird, kann jedem Kontenrahmen mit dem Attribut `weight`, ein numerischer Wert zugeordnet werden, um eine Sortierung innerhalb der jeweiligen Gruppe zu ermöglichen. Somit kann eine aufsteigende Sortierung durchgeführt werden, wobei die ‚1‘ die höchste Priorität verdeutlicht und ein Element an den Anfang einer Gruppe setzen würde.

¹⁰⁹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23 f.

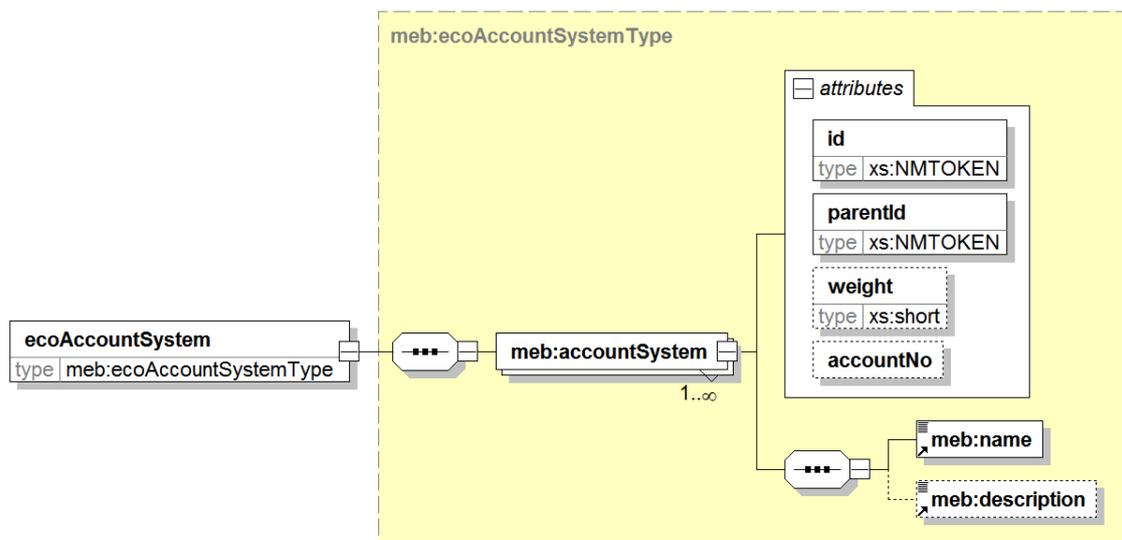


Abb. 4.23: Klassifizierung nach Öko-Kontenrahmen

Zum Zwecke einer optionalen Zuordnung der Umwelt-/Kostenarten zu Konten der Finanzbuchhaltung wurde das Element `accountNo` vorgesehen. Eine Beschreibung der Bedeutung und die Bezeichnung der Öko-Kontenrahmen wird durch das Element `name` und das optionale Element `description` ermöglicht.

4.4.7.2 Benutzte Einheiten

Die Maßnahmen der Datenerhebung in der Phase der Sachbilanz sollen eine Auflistung sämtlicher benutzter Einheiten enthalten.¹¹⁰ Dazu ist das Element `usedUnits` vorgesehen, in dem jede Einheit durch das Element `unit` repräsentiert wird (siehe **Abb. 4.24**, S. 68).

Neben der Angabe einer `id`, sind die Elemente `short` und `long` für eine Bezeichnung vorgesehen, die jeweils die Abkürzung (z. B. kg) und die vollständige Bezeichnung (z. B. Kilogramm) angeben können. Dadurch sollen Fehlinterpretationen, die durch nicht eindeutige Abkürzungen von Einheiten entstehen können, vermieden werden.

¹¹⁰ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 24.

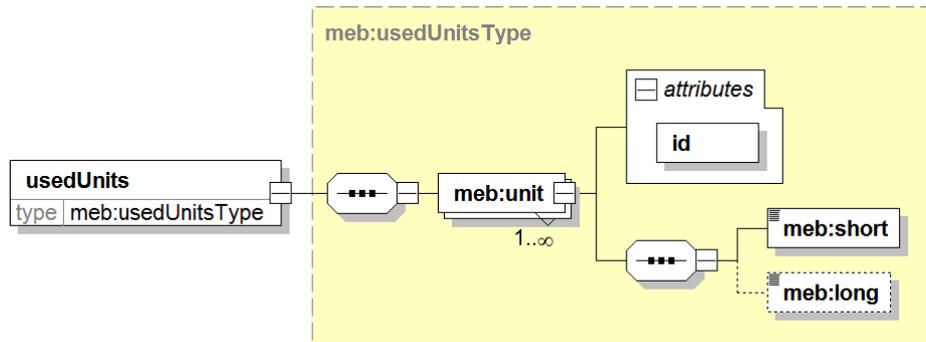


Abb. 4.24: Auflistung der Einheiten

4.4.7.3 Prozessmodule

Der Hauptbestandteil der Sachbilanz stellt die Auflistung der Prozessmodule dar, denen Stoff- und Energieströme zugeordnet werden. In **Abb. 4.25**, S. 69 ist das Element `unitProcessAssignment` abgebildet. Jedes Prozessmodul wird durch das Attribut `id` eindeutig identifiziert. Es soll eine genaue Beschreibung (`description`) der Faktoren erfolgen, welche die In- und Outputs der Prozessmodule beeinflussen. Relevante Daten zu den Betriebsbedingungen (`operatingConditions`) eines jeden Prozessmoduls sollen ebenso angegeben werden, wie ein geeigneter Fluss (`referenceFlow`), auf den die In- und Outputdaten bezogen werden. Angaben über die Sammlung der Daten des Prozessmoduls können in dem optionalen Element `dataCollection` vorgenommen werden. Das Element `flowInventory` enthält alle Stoff- und Energieströme, die dem Prozessmodul zugeordnet werden.¹¹¹

¹¹¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23 f. und S. 27.

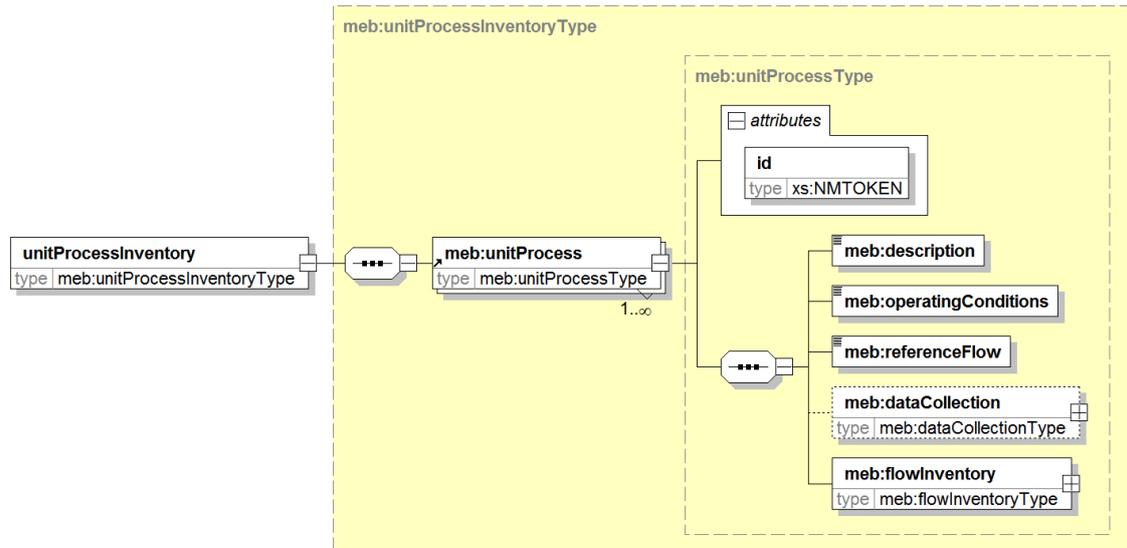


Abb. 4.25: Auflistung der Prozessmodule

Dokumentation der Datenerhebung

Um Angaben über die Datenerhebung zu jedem Prozessmodul dokumentieren zu können, wurde das Element `dataCollection` vorgesehen (siehe Abb. 4.26).

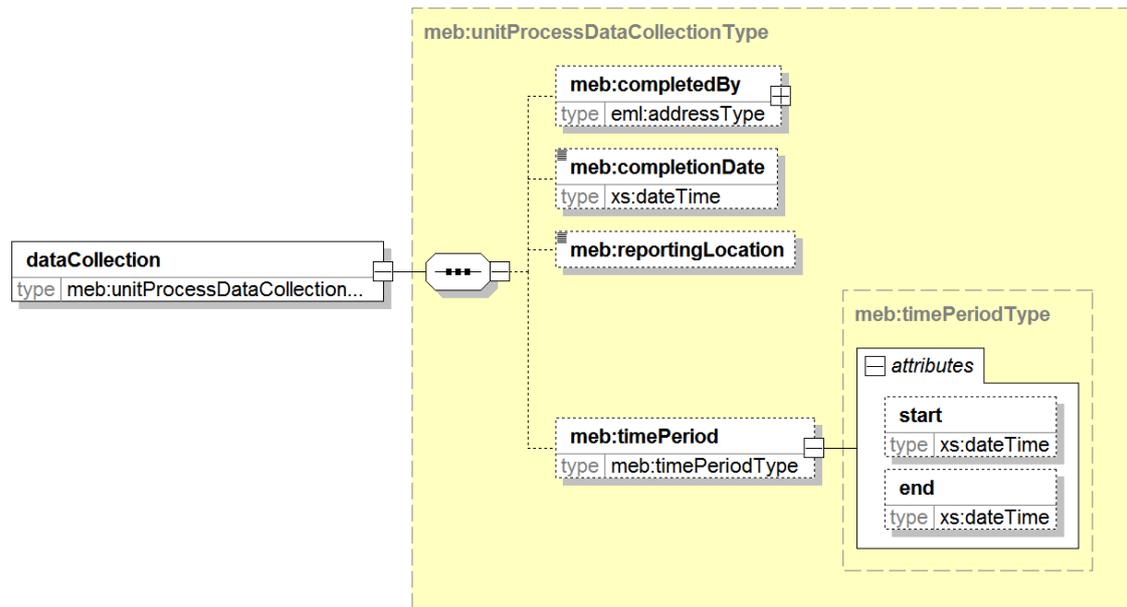


Abb. 4.26: Informationen über die Datensammlung der Prozessmodule

Es können Informationen über die verantwortliche Person (`completedBy`), das Datum (`completionDate`) und der Ort der Datenerhebung (`reportingLocation`) erfasst werden. Für das Element der verantwortlichen Person wurde der `addressType` aus der EML wiederverwendet. Angaben über den zeitlichen Erfassungsbereich (`timePeriod`)

wurden als komplexer Typ `timePeriod` modelliert, der Start- und Endzeitpunkt der Datenerhebung als optionale Attribute enthält.

Zuordnung der Stoffströme

Die Zuordnung der Stoffströme enthält eine theoretisch unbegrenzte Zahl von Stoffen und Energien in Form des Elementes `flow` (siehe **Abb. 4.27**).

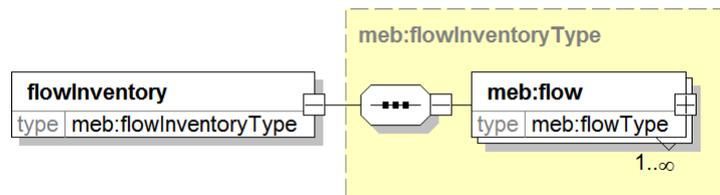


Abb. 4.27: Zuordnung der Stoffströme

Für jeden Stoffstrom, der einem Prozessmodul zugeordnet ist, werden eine eindeutige Identifikation (`id`), die Einheit (`unit`) und die Menge (`quantity`) angegeben (siehe **Abb. 4.28**, S. 71). Das Attribut `unit` stellt eine Referenz auf ein Element, aus der Liste der benutzten Einheiten her. Zur Angabe einer Bezeichnung ist das Element `name` vorgesehen.

Das Attribut `type` gibt an, ob es sich um einen In- oder Output des Prozessmoduls handelt. Dazu werden die erlaubten Werte `input` und `output` als Enumeration vorgegeben. Das optionale Attribut `unitProcessReference` gibt eine evtl. Verknüpfung des Stoffstromes mit einem weiteren Prozessmodul an. Dadurch wird eine Ziel- oder Herkunftsangabe impliziert, was eine genaue Einordnung der Ströme innerhalb des Produktsystems ermöglicht.

Die Daten können nach Art ihrer Sammlung in Daten unterschieden werden, die durch Messung, Berechnung oder Sammlung gewonnen wurden.¹¹² Um eine Unterscheidung zu ermöglichen, wurde das optionale Attribut `samplingType` eingefügt. Es stehen die Werte `collected`, `measured` und `calculated` in einer Enumeration zur Verfügung.

Für eine Einordnung eines Stoff- oder Energiestromes in den Öko-Kontenrahmen ist das Attribut `accountSystem` vorgesehen. Es wird über die `id` ein Bezug zu einem der Öko-Kontenrahmen hergestellt, die dann in der obersten Hierarchie-Ebene der Sachbilanz aufgelistet werden.

¹¹² Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

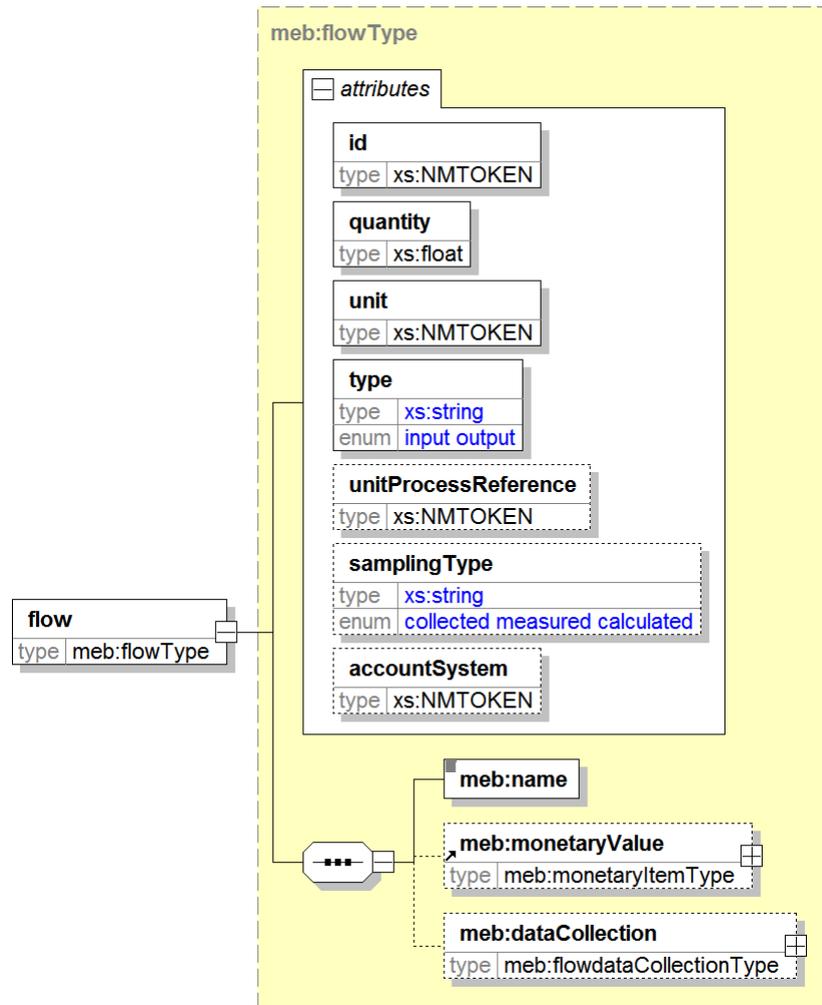


Abb. 4.28: Inhaltsmodell der Stoffströme

Dokumentation der Datenerfassung

Das Inhaltsmodell des Elementes `dataCollection`, stellt Elemente zur Angabe von Informationen über die Datenerhebung eines jeden Stoff- und Energiestromes zur Verfügung (siehe **Abb. 4.29**, S. 72).

Wenn Daten zu den Stoff- und Energieströmen aus öffentlichen Quellen entnommen wurden, müssen diese angegeben werden.¹¹³ Dazu wurde das optionale Element `publicSources` vorgesehen.

Bei Daten, die sich als wesentlich für die Schlussfolgerungen der Studie erweisen können, müssen Einzelheiten über die Datenerhebungsverfahren (`detailsOfDataCollection`), die Zeitspanne der Datensammlung (`timeSpan`) und

¹¹³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

Angaben zu Indikatoren der Datenqualität (`dataQualityIndicators`) gesammelt werden.¹¹⁴

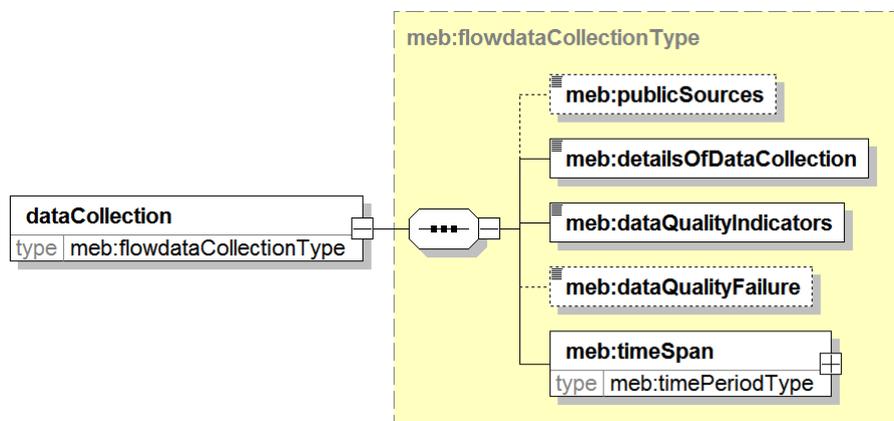


Abb. 4.29: Angaben zur Datenerhebung

Für die Angabe der Zeitspanne in der die Daten gesammelt wurden, ist der Typ `timeperiod` wiederverwendet worden. Können die Anforderungen an die Datenqualität nicht erfüllt werden, muss dies angegeben werden (`dataQualityFailure`).¹¹⁵

Wertangaben

Um die Forderung nach einer Einordnung von Stoffen und Energien in den *Öko-Kontenrahmen mit Mengen und Wertströmen* gerecht zu werden, wurde das Element `monetaryValue` eingefügt (siehe Abb. 4.30, S. 73). Es enthält Elemente zur Angabe der Menge (`quantity`) und der Einheit (`unit`) der zugeordneten monetären Größe. Darüber hinaus wurde ein optionales Element `accountReference` vorgesehen, das einen Bezug der monetären Werte zu Konten der Finanzbuchhaltung ermöglicht.

Aufgrund des relativen Charakters der Stoff- und Energiebilanz wurde der Datentyp `float` für die Angabe der monetären Größe verwendet. Dadurch ist gewährleistet, dass Angaben zu den Werten von geringen Stoff- und Energiemengen (z. B. bei der Herstellung von 1 kg Brot) ermöglicht werden.

¹¹⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

¹¹⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 23.

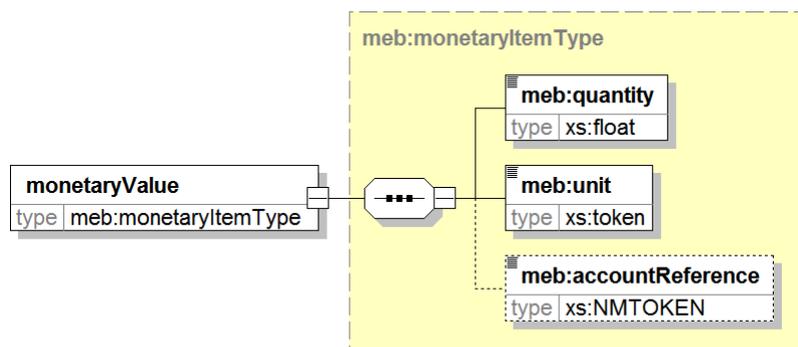


Abb. 4.30: Angabe monetärer Werte

4.4.7.4 Dokumentation der Sachbilanzphase

In dem Element `documentation` können allgemeine Datenerhebungs- und Berechnungsverfahren (`collectionAndCalculationTechnics`) angegeben werden, die bei der Erstellung der Sachbilanz benutzt wurden (siehe Abb. 4.31). Anweisungen zur Behandlung von Sonderfälle oder Unregelmäßigkeiten, die mit den Daten verbunden sein können, sollen außerdem dokumentiert werden (`specialCaseInstructions`).¹¹⁶

Da in der Norm keine Notwendigkeit zur Angabe der drei letztgenannten Elemente gegeben ist, wurden sie als fakultativ angesehen und deshalb als optionales Element modelliert.

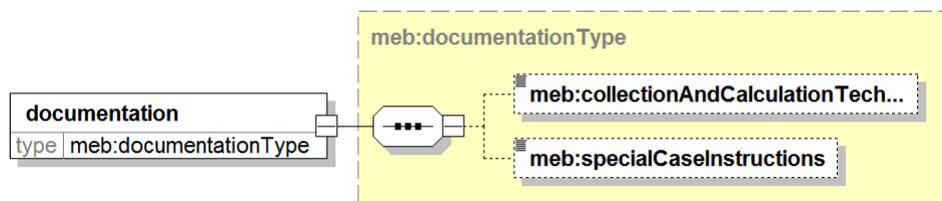


Abb. 4.31: Dokumentation der Erhebungsverfahren und Anweisungen für Sonderfälle

4.4.8 Wirkungsabschätzung

Als Ergebnis der (optionalen) Phase der Wirkungsabschätzung werden die Sachbilanz-ergebnisse den ausgewählten Wirkungskategorien zugeordnet. Das Ziel dabei ist die „[...] Beurteilung der Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen [...]“¹¹⁷. Die Wirkungsabschätzung besteht aus einem verbindlichen und einem optionalen Teil.

¹¹⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 24.

¹¹⁷ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 27.

Die verbindliche Bestandteile der Wirkungsabschätzung sind:¹¹⁸

- Wirkungskategorien,
- Wirkungsindikatoren sowie
- Charakterisierungsmodelle.

Die Wirkungskategorien repräsentieren Umweltthemen (z. B. ‚Klimaänderung‘), denen Ergebnisse aus der Sachbilanz zugeordnet werden können. Um die unterschiedlich starke Einwirkung der Stoffe auf die Wirkungskategorie unter Berücksichtigung ihrer Menge einschätzen zu können, werden die Mengenangaben mit Hilfe eines Charakterisierungsfaktors in gleiche Einheiten des Wirkungsindikators (z. B. ‚kg CO₂-Äquivalente‘) umgerechnet. Ein Charakterisierungsmodell spiegelt dabei den Umweltwirkungsmechanismus durch Beschreibung der Beziehung von Sachbilanzergebnissen zum Wirkungsindikator wieder.¹¹⁹

Beispielsweise kann für die Wirkungskategorie ‚Klimaänderung‘ aus dem Charakterisierungsmodell ‚Szenario Baseline über 100 Jahre‘, ein Wirkungsindikator abgeleitet werden (‚Verstärkung der Infrarotstrahlung‘). Daraus kann für jedes zugeordnete Sachbilanzergebnis ein Charakterisierungsfaktor ‚Treibhauspotenzial (GWP100)‘ bestimmt werden, der eine Umrechnung in gleiche Einheiten (‚kg CO₂-Äquivalent‘) ermöglicht.¹²⁰

Für eine Einschätzung des gesamten Einflusses auf eine Wirkungskategorie werden die in gemeinsame Einheiten umgewandelten Ergebnisse der Sachbilanz aufsummiert und als Wirkungsindikatorergebnis angegeben.¹²¹

In **Abb. 4.32**, S. 75 sind die Hauptbestandteile der modellierten Wirkungsabschätzung dargestellt. Dabei findet eine generelle Einteilung zwischen der Auflistung der Wirkungskategorien (`impactCategoryInventory`) und den optionalen Bestandteilen (`optionalElements`) statt.

¹¹⁸ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 33 f.

¹¹⁹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 35 ff.

¹²⁰ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 13 f.; Beispiele entnommen aus „Tabelle 1 – Begriffsbeispiele“ S. 37.

¹²¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 39.

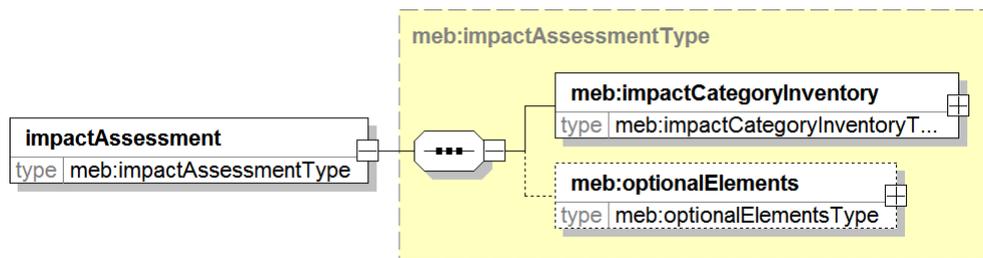


Abb. 4.32: Phase der Wirkungsabschätzung

4.4.8.1 Wirkungskategorien

Die in der Studie betrachteten Wirkungskategorien, werden innerhalb des Elementes `impactCategoryInventory` aufgelistet (siehe Abb. 4.33).

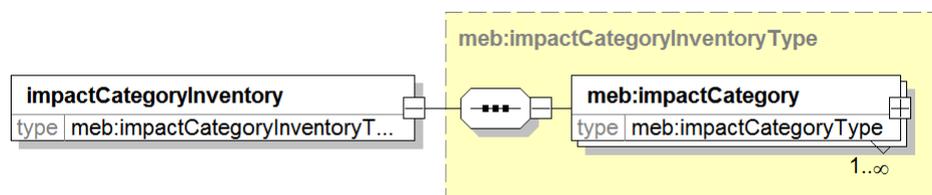


Abb. 4.33: Auflistung der Wirkungskategorien

Jede Wirkungskategorie ist durch das Attribut `id` eindeutig bestimmt. Dadurch wird eine Zuordnung zu der Auflistung von Wirkungskategorien im Teil des Untersuchungsrahmens ermöglicht.

Zum Zwecke der Wirkungsabschätzung, müssen zu jeder Wirkungskategorie eine Reihe von Informationen angegeben werden.¹²²

- Charakterisierungsmodell (`characterizationModel`) und Umweltwirkungsmechanismus (`environmentalMechanism`): Herstellung der Beziehung der Sachbilanzergebnisse zum Wirkungsindikator
- Relevanz der Umweltwirkung (`environmentalRelevance`)
- Wirkungsendpunkte (`categoryEndpoints`): Eigenschaften der Umwelt, der menschlichen Gesundheit oder einer Ressource, die ein Umweltthema identifiziert (z. B. Wald)¹²³
- Wirkungsindikator (`categoryIndicator`)
- Zuordnung der Stoff- und Energieströme (`flowAssignment`)

¹²² Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 33-39.

¹²³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 13.

- Wirkungsindikatorergebnis (`categoryIndicatorResult`)
- Dokumentation des Verfahrens zur Berechnung der Indikatorwerte (`documentationOfCharacterization`)

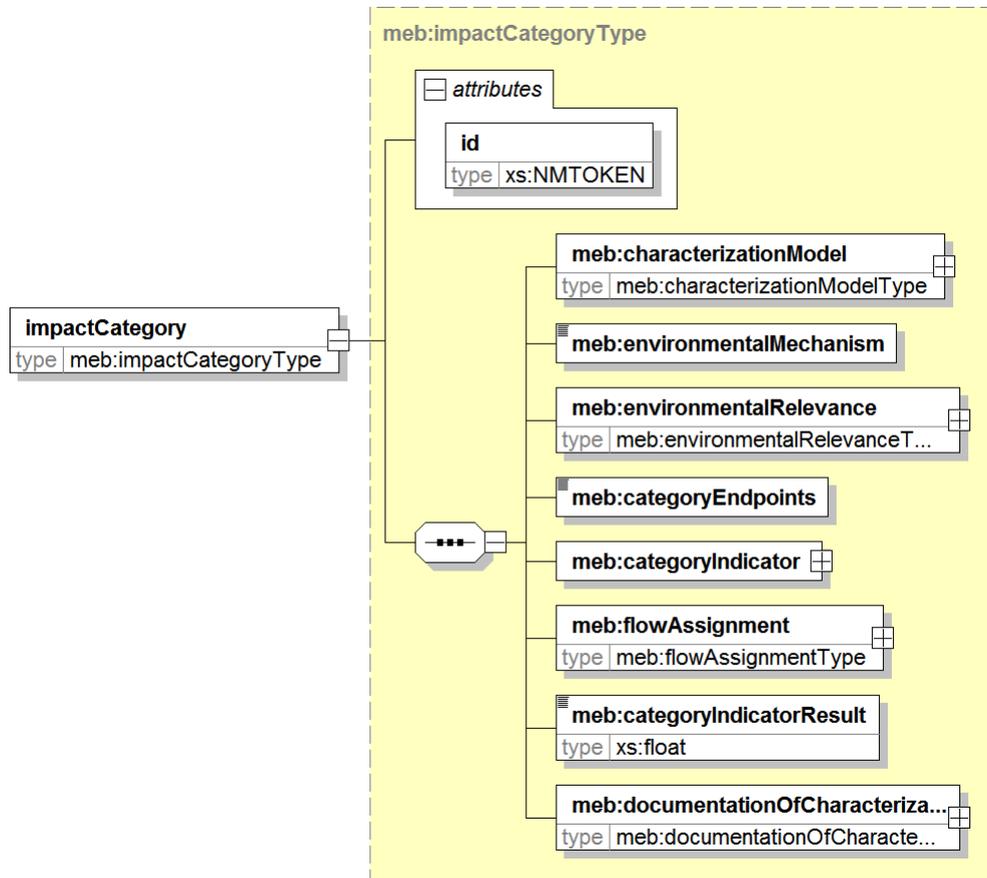


Abb. 4.34: Inhaltsmodell der Wirkungskategorien

Charakterisierungsmodelle

Um die in der Phase der Festlegung des Untersuchungsrahmens bestimmten Charakterisierungsmodelle zuordnen zu können, trägt das Element `characterizationModel` das Attribut `id` (siehe Abb. 4.35, S. 77). Da eine Beschreibung erfolgen muss, warum die Anwendung des Charakterisierungsmodells für die Ableitung des Wirkungsindikators als geeignet angesehen wird, wurde zusätzlich das Element `appropriateness` eingefügt.¹²⁴

¹²⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 34.

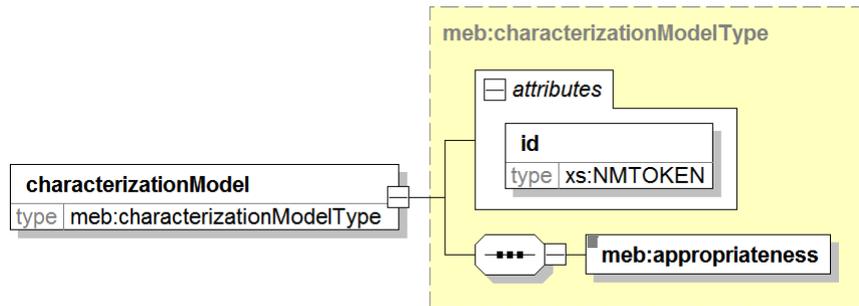


Abb. 4.35: Inhaltsmodell der Charakterisierungsmodelle

Wirkungsindikator

Für die Zuordnung eines der im Untersuchungsrahmen angegebenen Wirkungsindikatoren, wurde bei dem Element `categoryIndikator` ebenfalls ein Attribut `id` vorgesehen. Auf eine schematische Darstellung wird an dieser Stelle verzichtet.

Zuordnung der Sachbilanzergebnisse

Die Zuordnung der Ergebnisse der Sachbilanz erfolgt durch das Element `flowAssignment` (siehe Abb. 4.36).

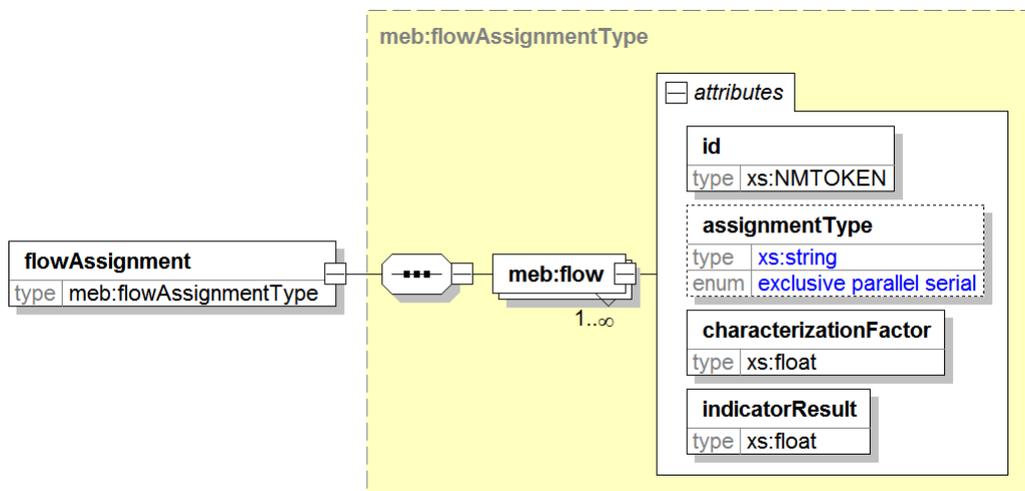


Abb. 4.36: Zuordnung von Stoff- und Energieströmen aus der Sachbilanz

Jeder Stoff- und Energiestrom (`flow`) wird durch das Attribut `id` eindeutig zu den Ergebnissen der Sachbilanz zugeordnet. Des Weiteren wird der Charakterisierungsfaktor (`characterizationFactor`) und das Ergebnis der Charakterisierung (`indicatorResult`) angegeben. Zwar ließen sich die Indikatorergebnisse auf der Grundlage der in der Sachbilanz angegebenen Menge mit den zugehörigen Charakterisierungsfaktoren in der jeweiligen Anwendung des Schemas berechnen, doch würde dies eine Verlagerung der Verantwortung für die Korrektheit der Daten in die Präsentationsschicht bedeuten.

Dies würde dazu führen, dass besondere Anforderungen an die Präsentation gestellt werden, etwa indem eine hinreichende Genauigkeit bei der Berechnung und ein gewisser Sachverstand vorausgesetzt werden müsste. Deshalb wurde bei der Angabe der Indikatorergebnisse (und des Wirkungsindikatorergebnisses) vorausgesetzt, dass die Ergebnisse der Berechnung vorliegen.

Bei der Zuordnung sollte eine Unterscheidung von Sachbilanzergebnissen in der Art vorgenommen werden, dass In- und Outputs, die sich auf mehr als eine Wirkungskategorie beziehen, identifiziert werden können. Dazu wurden folgende Enumerationen in dem optionalen Attribut `assignmentType` vorgesehen:¹²⁵

- `exclusive`: Das Sachbilanzergebnis ist genau einer Wirkungskategorie zugeordnet.
- `parallel`: Das Sachbilanzergebnis ist mehreren parallelen Mechanismen zugeordnet (z. B. der Wirkungskategorie ‚Versauerung‘ und ‚Menschliche Gesundheit‘).
- `serial`: Das Sachbilanzergebnis ist aufeinander folgenden Mechanismen zugeordnet (z. B. ‚Bildung von bodennahem Ozon und Versauerung‘).

Umweltrelevanz

Eine qualitative Einschätzung über den Grad der Beziehung zwischen Wirkungsindikatorwert und Wirkungsendpunkten wird durch die Umweltrelevanz ausgedrückt. In **Abb. 4.37**, S. 79 ist das Element `environmentalRelevance` abgebildet. Es enthält Angaben über die Fähigkeit des Wirkungsindikators, die Wirkungen der Sachbilanzergebnisse auf den Wirkungsendpunkt zumindest qualitativ widerzuspiegeln (`qualitativelyAbility`).

¹²⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 39.

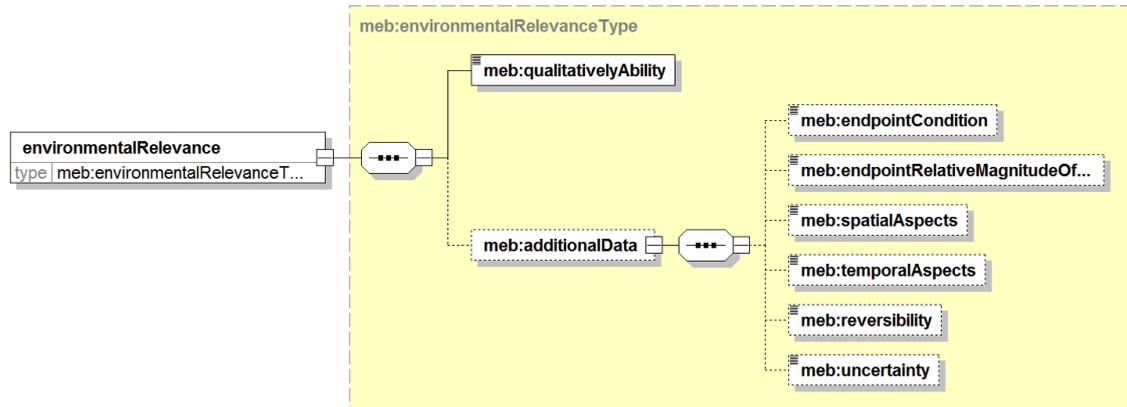


Abb. 4.37: Angaben zur Umweltrelevanz

Darüber hinaus können ergänzende Informationen zum Charakterisierungsmodell (`additionalData`) angegeben werden über:

- den Zustand des Wirkungsendpunktes (`endpointCondition`)
- die relative Größenordnung der abgeschätzten Änderungen im Wirkungsendpunkt (`endpointRelativeMagnitudeOfChange`)
- die räumlichen Aspekte (`spatialAspects`)
- die zeitlichen Aspekte (`temporalAspects`)
- die Umkehrbarkeit des Umweltwirkungsmechanismus (`reversibility`)
- die Unsicherheit der Verbindung von Wirkungsindikator und Wirkungsendpunkt (`uncertainty`)

Dokumentation der Berechnung der Indikatorwerte

Außerdem müssen die Verfahren zur Berechnung der Indikatorwerte (`calculationMethods`), die angewendeten Werthaltungen (`valueChoices`) und getroffenen Annahmen (`assumptions`) dokumentiert werden (`documentationOfCharacterization`) (siehe **Abb. 4.38**, S. 80).

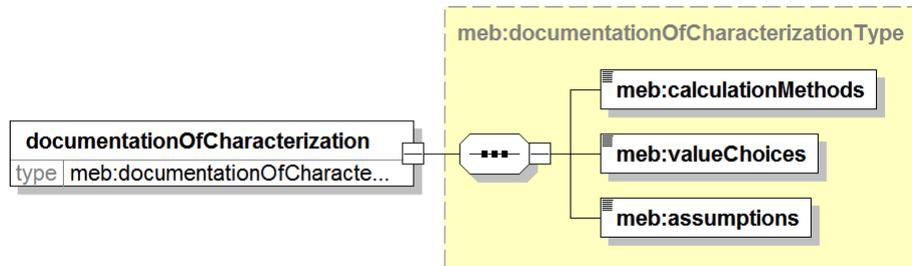


Abb. 4.38: Dokumentation der Berechnungsverfahren

Nachdem die verbindlichen Bestandteile der Wirkungsabschätzung beschrieben wurden, folgt im Anschluss eine Betrachtung der optionalen Bestandteile.

4.4.8.2 Optionale Bestandteile

Das Element `optionalElements` (siehe **Abb. 4.39**, S. 81) enthält optionale Bestandteile zur Angabe über:¹²⁶

- Normierungen der Wirkungsindikatorergebnisse auf einen oder mehrere Referenzwerte (*normalization*)
- Ordnung bzw. Rangbildung der Wirkungskategorien (*grouping*)
- Gewichtungen der Wirkungsindikatorwerte durch Umwandlung oder Zusammenfassung der Indikatorwerte über Wirkungskategorien hinweg (*weighting*)
- Analysen der Datenqualität (*dataQualityAnalysis*)

¹²⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 27-29; DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 41.

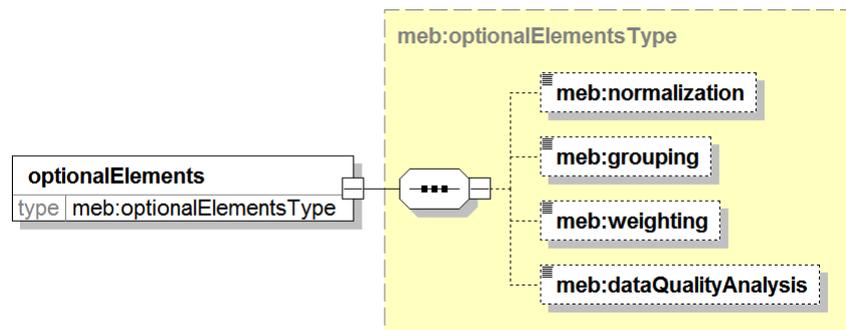


Abb. 4.39: Optionale Bestandteile der Wirkungsabschätzung

4.4.9 Auswertung

In der abschließenden Phase der Auswertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung gemeinsam betrachtet¹²⁷. Sie sollen in Übereinstimmung mit dem Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie stehen und „[...] zur Ableitung von Schlussfolgerungen, Erläuterungen von Einschränkungen und zum Aussprechen von Empfehlungen dienen.“¹²⁸

Das Element `interpretation` enthält dazu eine Sequenz weiterer Elemente, welche die folgenden Bestandteile der Auswertungsphase enthalten (siehe Abb. 4.40, S. 82):¹²⁹

- Identifizierung signifikanter Parameter (`significantIssues`)
- Beurteilung (`evaluation`)
- Formulierung von Schlussfolgerungen (`conclusions`)
- Formulierung von Einschränkungen (`limitations`)
- Formulierung von Empfehlungen (`recommendations`)

¹²⁷ Es sei denn, es handelt sich um eine Sachbilanz-Studie, die ohne Wirkungsabschätzung durchgeführt wurde. In diesem Fall werden nur die Ergebnisse der Sachbilanz betrachtet (vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 31).

¹²⁸ DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006a), S. 31.

¹²⁹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2006b), S. 45.

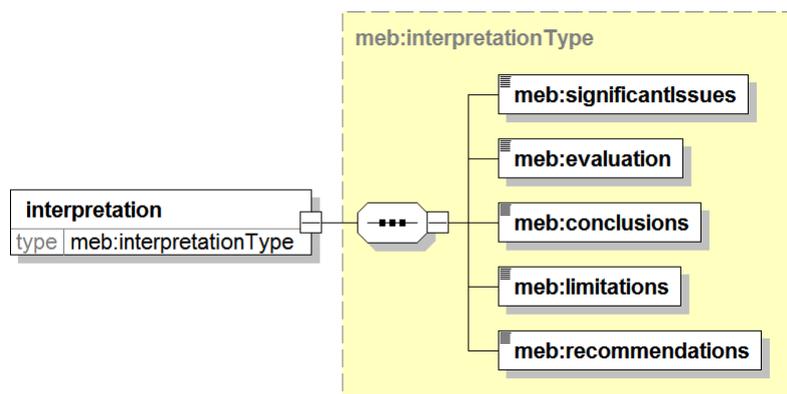


Abb. 4.40: Auswertungsphase

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten das erstellte XML-Schema in Struktur und Inhalt beschrieben wurde, folgt im nächsten Abschnitt eine Beschreibung der Maßnahmen, die bei der Sicherstellung der Integrität von Dokumentinstanzen helfen sollen.

4.4.10 Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen zur Sicherstellung der Integrität

Zur Unterstützung der semantischen Korrektheit des Modells wurden eine Reihe von Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen eingeführt. Sie stellen sicher, dass Elemente in bestimmten Bereichen einer Dokumentinstanz nicht doppelt auftreten dürfen und ermöglichen eine Zuordnung von Elementen.

Prozessmodule

Im Untersuchungsrahmen der Ökobilanz wird eine Auflistung aller Prozessmodule verlangt. Einerseits wird durch die Definition des Attributs `id` als Schlüssel (`unit-ProcessKey`) sichergestellt, dass Prozessmodule nicht – etwa durch einen Fehler – doppelt aufgelistet werden. Andererseits kann durch eine Fremdschlüsselbedingung sichergestellt werden, dass die in der Sachbilanz aufgeführten Prozessmodule tatsächlich im Untersuchungsrahmen vorhanden sind und beschrieben wurden.¹³⁰

¹³⁰ An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die XPath-Pfadangaben umgebrochen wurden (ebenso in den folgenden Abschnitten), um eine bessere Lesbarkeit zu gewährleisten. Regulär sind Zeilenumbrüche in XPath-Pfadangaben nicht erlaubt.

```

<xs:key name="unitProcessKey">
  <xs:selector
    xpath="meb:scopeDefinition/...
    meb:systemBoundary/meb:unitProcessInventory/meb:unitProcess"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:key>

```

```

<xs:keyref name="unitProcessReference" refer="meb:unitProcessKey">
  <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
    meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:keyref>

```

Da jedem Stoff- und Energiestrom in der Sachbilanz ein Prozessmodul zugeordnet werden kann, um das Ziel oder die Quelle des Stromes bestimmen zu können, wurde eine zusätzliche Fremdschlüsselbedingung eingefügt, die sicherstellt, dass ein dort angegebenes Prozessmodul existiert. Die Fremdschlüsselbedingung `unitProcessFlowReference` stellt eine Referenz zwischen dem Schlüssel der Prozessmodule und dem Attribut der Stoffströme `unitProcessReference` her:

```

<xs:keyref name="unitProcessFlowReference" refer="meb:unitProcessKey">
  <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
    meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess/...
    meb:flowInventory/meb:flow"/>
  <xs:field xpath="@unitProcessReference"/>
</xs:keyref>

```

Um ein mehrfaches Auftreten eines Prozessmoduls in der Sachbilanz zu verhindern, wurde eine Eindeutigkeitsbedingung eingeführt:

```

<xs:unique name="unitProcess">
  <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
    meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:unique>

```

Wirkungskategorien

Jede Wirkungskategorie darf im Untersuchungsrahmen nur einmal auftreten. Das Attribut `id` der Wirkungskategorien wurde deshalb als Schlüssel definiert. Eine Zu-

ordnung der Wirkungskategorien in der Wirkungsabschätzung, wird durch eine Fremdschlüsselbedingung erreicht. Da eine Wirkungskategorie in der Wirkungsabschätzung nicht mehrfach auftreten soll, wurde zusätzlich eine Eindeutigkeitsbedingung formuliert:

```
<xs:key name="impactCategoryKey">
  <xs:selector xpath="meb:scopeDefinition/...
    meb:impactAssessmentMethodology/meb:impactCategory"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:key>
```

```
<xs:keyref name="impactCategoryReference"
refer="meb:impactCategoryKey">
  <xs:selector xpath="meb:impactAssessment/...
    meb:impactCategoryInventory/meb:impactCategory"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:keyref>
```

```
<xs:unique name="impactCategory">
  <xs:selector xpath="meb:impactAssessment/...
    meb:impactCategoryInventory/meb:impactCategory"/>
  <xs:field xpath="@id"/>
</xs:unique>
```

Weitere Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen

Da Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle innerhalb der Wirkungsbilanz mehrmals auftreten können, wurden Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen analog zu den Wirkungskategorien aufgestellt, jedoch ohne eine Eindeutigkeitsbedingung innerhalb der Wirkungsabschätzung zu formulieren.

Für eine eindeutige Zuordnung eines Öko-Kontenrahmen zu einem übergeordneten Kontenrahmen, wurde das Attribut `id` des Elementes `accountSystem` als Schlüssel definiert und eine Fremdschlüsselbedingung `accountSystemReference` im selben Element, für das Attribut `accountSystem` festgelegt. Dadurch wird sichergestellt, dass der angegebene übergeordnete Kontenrahmen existiert.

Die Einheit eines Stoffstromes wurde durch eine Referenz auf ein Element in der Auflistung der benutzten Einheiten realisiert (vgl. Kapitel 4.4.7.3, S. 70). Das Attribut `id`

des Elementes `unit` wurde als Schlüssel definiert und eine Referenz des Attributs `unit` des Elementes `flow`, in der Zuordnung der Stoffströme zu den Prozessmodulen, in Form einer Fremdschlüsselbedingung angegeben. Damit wird sichergestellt, dass in der Zuordnung benutzte Einheiten eindeutig beschrieben und angegeben werden.

Auf eine Darstellung der zuvor beschriebenen Bedingungen wird an dieser Stelle verzichtet.

In Anhang C, S. 110 ist der Quellcode des erstellten XML-Schemas in seiner Gesamtheit aufgeführt. Im nächsten Abschnitt wird die erstellte XSL-Transformation vorgestellt und dabei wichtige Funktionen des Schemas erläutert.

4.5 XSL-Transformation

Um die generelle Funktionalität des erstellten Schemas zu zeigen, wurde eine XSL-Transformation erstellt, die eine Dokumentinstanz, in ein HTML-Dokument umwandelt.

Für die Modellierung der Transformation wurde das Programm StyleVison der Altova GmbH benutzt (siehe **Abb. 4.41**, S. 86). Es ist ein visuelles Werkzeug zur Erzeugung von XSL-Transformationen. Elemente eines Schemas können per ‚Drag and Drop‘ auf der Design-Ebene platziert werden. Anpassungen der Eigenschaften und des Layouts lassen sich mit Hilfe von Eingabefenstern durchführen.¹³¹

¹³¹ Vgl. Altova GmbH (2007a).

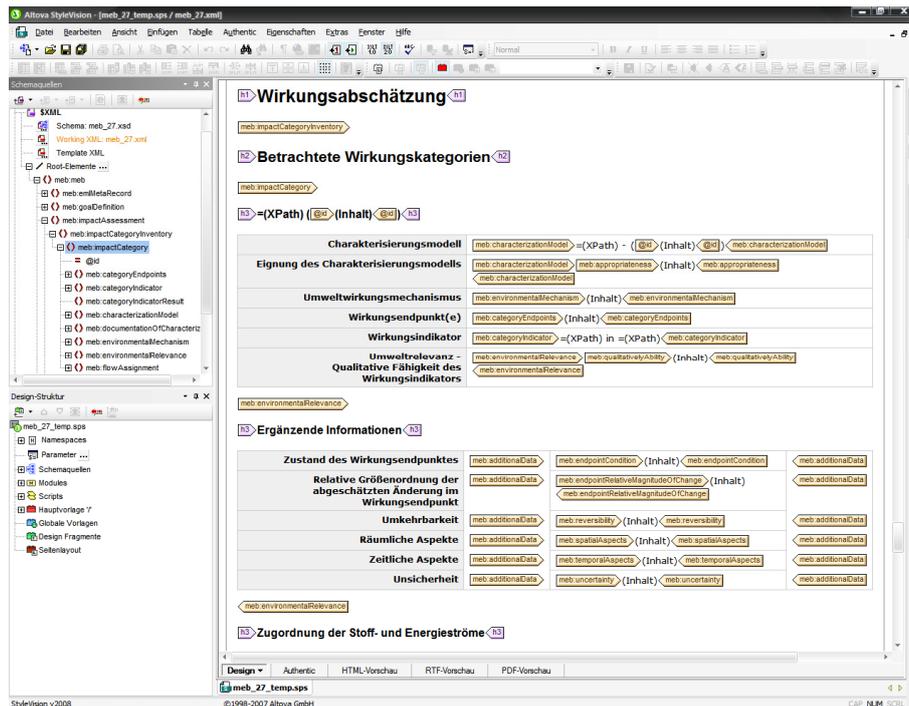


Abb. 4.41: StyleVision Oberfläche

Als Datengrundlage diente ein mit XML-Spy erstelltes Beispieldokument, das nach dem erstellten XML-Schema generiert wurde. Inhaltselemente wurden dabei ihrem Datentyp gemäß oder mit dem String ‚text‘ aufgefüllt. Um die Funktionen besser verdeutlichen zu können, wurde es um einige Stoffströme ergänzt. Da eine Besprechung der gesamten XSL-Transformation den Rahmen dieser Arbeit sprengen und zu redundanten Erklärungen der Bestandteile der Stoff- und Energiebilanz führen würde, wird im Anschluss lediglich auf die wichtigsten Eigenschaften und Bestandteile des Schemas und der Transformation eingegangen.

In **Abb. 4.42**, S. 87 ist der Anfang einer XML-Instanz zur Stoff- und Energiebilanz abgebildet, die in einem Browser dargestellt wird. Neben dem Titel, wird der Abstract aus den Metainformationen des Dokumentes dargestellt. Um einen schnelleren Zugriff auf die Hauptbestandteile zu gewährleisten, wurde in der XSL-Transformation ein Inhaltsverzeichnis angelegt, über welches die Hauptbestandteile durch einen Link zu erreichen sind.

Titel
Abstract: text
Inhalt
Metainformationen
Zieldefinition
Untersuchungsrahmen
Sachbilanz
Wirkungsabschätzung
Auswertung

Abb. 4.42: Transformierte Stoff- und Energiebilanz

Abgeschlossen wird das Dokument durch die Auswertung, bei der die Ergebnisse der Studie aufgeführt werden (siehe **Abb. 4.43**). Über Sprungmarken, auf der rechten, oberen Seite an jedem Hauptbestandteil, kann der Nutzer zum Inhaltsverzeichnis des Dokumentes gelangen.

nach Oben
Auswertung
Identifikation signifikanter Parameter
text
Beurteilung
text
Schlussfolgerungen
text
Einschränkungen
text
Empfehlungen
text

Abb. 4.43: Auswertung

Nachdem Beginn und Ende des Beispieldokumentes dargestellt wurden, folgt eine Erläuterung wichtiger Hauptbestandteile. In **Abb. 4.44**, S. 88 wird ein Ausschnitt der Dokumentinstanz mit den Metainformationen gezeigt, die in tabellarischer Form ausgegeben werden. In diesem Beispiel sind alle verfügbaren Felder (bis auf ‚titel‘ und ‚abstract‘) der EML dargestellt.

Metainformationen

Informationen zum Inhalt:

Id	MEB001
Quelle	text
Metadatenebene	text
Verteilungsmedium	text
Zugriffsbeschränkungen	text
Nutzungseinschränkungen	text
Sprache der Metadaten	de-DE
URL	http://www.example.org
Methode	text
Ebene der Aggregation	text
Status	text
Schlüsselwörter	text

Informationen über das Dokument:

Format	text
Sprache	de-DE
Verbundene Informationen	text
Größe	text
Art	text

Informationen über das verwendete Vokabular:

Kontrolliertes Vokabular	text
Unkontrolliertes Vokabular	text

Untersuchungsrahmen:

Referenzpunkt	text
Bounding Box	Norden: text Osten: text Süden: text Westen: text

Zeitliche Aspekte:

Veröffentlichung	2008-02-19
Zeitlicher Bezugsraum	Begin: 2007-09-19 Ende: 2008-02-19

Urheber	Adresse: text text text (text) text E-Mail: user@example.org Telefon: +49 (0123) 456 789 Fax: +49 (0123) 456 789 URL: http://www.example.org
Kontakt	Adresse: text text text (text) text E-Mail: user@example.org Telefon: +49 (0123) 456 789 Fax: +49 (0123) 456 789 URL: http://www.example.org
Vertrieb	Adresse: text text text (text) text E-Mail: user@example.org Telefon: +49 (0123) 456 789 Fax: +49 (0123) 456 789 URL: http://www.example.org

Abb. 4.44: Metainformationen der Dokumentinstanz

Bei der Beschreibung der Systemgrenzen im Abschnitt des Untersuchungsrahmens werden neben Informationen zu den Prozessmodulen alle Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle aufgeführt und beschrieben. Um einen schnellen Zugriff auf diese Informationen zu gewährleisten, wurden mit der

XSL-Transformation HTML-Sprungmarken eingefügt, die den Nutzer mit Hilfe von Verlinkungen, von ihrer Position in der Sachbilanz bzw. Wirkungsabschätzung, zu den im Untersuchungsrahmen aufgeführten Informationen führen.

In **Abb. 4.45** ist die Präsentation der Informationen zu Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen exemplarisch dargestellt.

Methode der Wirkungsabschätzung				
Wirkungskategorien				
Id	Name	Verbundene Informationen	Quellen	
IC1	text	text	text	
IC2	text	text	text	
Wirkungsindikatoren				
Id	Name	Einheit	Verbundene Informationen	Quellen
CI1	text	text	text	text
CI2	text	text	text	text
Charakterisierungsmodelle				
Id	Name	Beschreibung	Verbundene Informationen	Quellen
CM1	text	text	text	text
CM2	text	text	text	text

Abb. 4.45: Methode der Wirkungsabschätzung

In der Sachbilanz werden der Reihe nach alle Prozessmodule aufgeführt und die damit verbundenen Stoffströme tabellarisch, nach In- und Outputs getrennt ausgegeben (siehe **Abb. 4.46**, S. 90). Dabei werden die Stoffströme nach ihrer Id sortiert ausgegeben. Ist zu einem Stoffstrom eine Herkunfts- oder Zielangabe vorhanden, so wird es dem Nutzer über einen Link ermöglicht, zur Quelle oder zum Ziel des Stromes zu springen.

Informationen zur Datenerhebung und Quellen der Stoffströme, werden über Verlinkungen zugänglich gemacht. Beispielhaft wurden in dem ‚Prozessmodul B‘ ein ‚Produkt X‘ und einige umweltrelevante Stoffströme eingetragen. Die Angaben zu den Stoffströmen wurden aus BUNDESUMWELTMINISTERIUM UND UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2001) entnommen.¹³²

¹³² Vgl. Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (Hrsg.) (2001), S. 312.

Prozessmodul B

Weitere Informationen zu diesem Prozessmodul im Untersuchungsrahmen: [\[Link\]](#)

Identifikation	UP2		
Beschreibung	text		
Betriebsbedingungen	text		
Referenzfluss	text		
Erfasst von	Datum	Ort	Zeitlicher Erfassungsbereich
text	2001-12-17T09:30:47.OZ	text	Start: 2001-12-17T09:30:47.OZ Ende: 2001-12-17T09:30:47.OZ

Zugeordnete Flüsse

Inputs

Id	Name	Menge	Monetärer Wert	Herkunft	Öko-Kontenrahmen	Art der Erfassung	Weitere Informationen
FL003	Zwischenprodukt	3.14159E0 g		UP1	Halbfabrikate	collected	Datenerhebung Quellen
FL003	Elektrische Energie	3.14159E0 g	3.14159E-1 €	UP1		collected	Datenerhebung Quellen

Outputs

Id	Name	Menge	Monetärer Wert	Ziel	Öko-Kontenrahmen	Art der Erfassung	Weitere Informationen
FL004	CO2	29E6 g			Emissionen	collected	Datenerhebung Quellen
FL005	N2O	9.6E0 g			Emissionen	collected	Datenerhebung Quellen
FL006	CH4	10.8E3 g			Emissionen	collected	Datenerhebung Quellen
FL007	Produkt X	1 Stk.	3.14159E1 €		Produkte	collected	Datenerhebung Quellen

Angaben zur Datenerhebung und zu öffentlichen Quellen

FL003-Zwischenprodukt

Einzelheiten des Erhebungsverfahrens:

text

Indikatoren der Datenqualität:

text

Nichterfüllung der Anforderungen:

text

Zeitspanne der Datensammlung:

Von: 2001-12-17T09:30:47.OZ bis: 2001-12-17T09:30:47.OZ

Quellen:

text

Abb. 4.46: Informationen zu Prozessmodulen und Auflistung der Stoffströme

Zur Veranschaulichung der Bedeutung einer XSL-Transformation ist im Folgenden ein Ausschnitt aus der XML-Beispielinstanz wiedergegeben:

```

<meb:impactCategory id="IC1">
  <meb:characterizationModel id="CM1">
    <meb:appropriateness>text</meb:appropriateness>
  </meb:characterizationModel>
  <meb:environmentalMechanism>text</meb:environmentalMechanism>
  <meb:environmentalRelevance>
    <meb:qualitativelyAbility>text</meb:qualitativelyAbility>
    <meb:additionalData>
      <meb:endpointCondition>text</meb:endpointCondition>
      <meb:endpointRelativeMagnitudeOfChange>
        text
      </meb:endpointRelativeMagnitudeOfChange>
      <meb:spatialAspects>text</meb:spatialAspects>
      <meb:temporalAspects>text</meb:temporalAspects>
      <meb:reversibility>text</meb:reversibility>
      <meb:uncertainty>text</meb:uncertainty>
    </meb:additionalData>
  </meb:environmentalRelevance>
  <meb:categoryEndpoints>text</meb:categoryEndpoints>
  <meb:categoryIndicator id="CI1"/>
  <meb:flowAssignment>
    <meb:flow id="FL004" characterizationFactor="1"
      indicatorResult="29E6" assignmentType="exclusive"/>
    <meb:flow id="FL005" characterizationFactor="270"
      indicatorResult="2.592E3" assignmentType="exclusive"/>
    <meb:flow id="FL006" characterizationFactor="11"
      indicatorResult="118.8E3" assignmentType="exclusive"/>
  </meb:flowAssignment>
  <meb:categoryIndicatorResult>
    3.091392E6
  </meb:categoryIndicatorResult>
  <meb:documentationOfCharacterization>
    <meb:calculationMethods>text</meb:calculationMethods>
    <meb:valueChoices>text</meb:valueChoices>
    <meb:assumptions>text</meb:assumptions>
  </meb:documentationOfCharacterization>
</meb:impactCategory>

```

In dem vorangehenden Beispiel werden die Informationen einer Wirkungskategorie in der Phase der Wirkungsabschätzung dargestellt. Es wird eine fiktive Wirkungskategorie ‚IC1‘ aufgeführt, der das Charakterisierungsmodell ‚CM1‘ zugeordnet ist. Dieses Charakterisierungsmodell zeigt sich verantwortlich für die Ableitung des Wirkungsindikators ‚CI1‘. Der Wirkungskategorie werden drei Stoffströme aus der Sachbilanz zugeordnet, die sich als relevant im Hinblick auf den Wirkungsendpunkt zeigen. Ihnen wird jeweils ein Charakterisierungsfaktor angegeben, der für die Berechnung der ebenfalls angegebenen Indikatorergebnisse benutzt wurde. Da eine detaillierte Erklärung der einzelnen Elemente bereits in Kapitel 4.4.8.1, S. 75 ff. vorgenommen wurde, darf an dieser Stelle darauf verzichtet werden.

In **Abb. 4.47**, S. 93 ist die HTML-Repräsentation des zuvor angegebenen Beispiels dargestellt. Dabei fließen Informationen (Bezeichnung, Einheit) zu Wirkungskategorie, Charakterisierungsmodell und Wirkungsindikator, die im Untersuchungsrahmen angegeben sind, in die Darstellung ein. Die Bezeichnung der Wirkungskategorie ist als Link gestaltet, wodurch der Nutzer zu dem Abschnitt des Untersuchungsrahmens geführt wird, in dem weitere Informationen hinterlegt sind.

Bei der dargestellten Charakterisierung werden die zugeordneten Stoff- und Energieströme, samt deren Menge, Charakterisierungsfaktor, Indikator-Ergebnis und Art der Zuordnung angegeben. Bei der Darstellung sind Informationen zu den Mengen und Einheiten der Stoffströme aus der Sachbilanz eingeflossen. Zusätzlich wurde jeder Stoffstrom von einem Link eingeschlossen, der den Nutzer zu der Position in der Sachbilanz führt, an der der Stoffstrom auftritt.

In dem Beispiel wurden die drei umweltrelevanten Stoffströme ‚CO₂‘, ‚N₂O‘ und ‚CH₄‘ aus der vorgestellten Sachbilanz, der Wirkungskategorie ‚Treibhauseffekt‘ zugeordnet. Das Ergebnis - die Summe der Indikatorergebnisse - wird in der letzten Zeile der Tabelle angegeben.

Abgeschlossen wird die Darstellung einer Wirkungskategorie durch die Dokumentation der Charakterisierung, bei der Annahmen, Berechnungsverfahren und Werthaltungen angegeben werden.

Wirkungsabschätzung

Betrachtete Wirkungskategorien

Treibhauseffekt (IC1)

Charakterisierungsmodell	text - (CM1)
Eignung des Charakterisierungsmodells	text
Umweltwirkungsmechanismus	text
Wirkungsendpunkt(e)	text
Wirkungsindikator	Verstärkung der Infrarotstrahlung in g CO ₂ Äquivalent
Umweltrelevanz - Qualitative Fähigkeit des Wirkungsindikators	text

Ergänzende Informationen

Zustand des Wirkungsendpunktes	text
Relative Größenordnung der abgeschätzten Änderung im Wirkungsendpunkt	text
Umkehrbarkeit	text
Räumliche Aspekte	text
Zeitliche Aspekte	text
Unsicherheit	text

Zugordnung der Stoff- und Energieströme

Fluss	Art der Zuordnung	Menge	Charakterisierungsfaktor	Indikator-Ergebnis
CO ₂	exclusive	29E6 g	1	29E6
N ₂ O	exclusive	9.6E0 g	270	2.592E3
CH ₄	exclusive	10.8E3 g	11	118.8E3
Summe der Indikatorergebnisse:				3.091392E6 g CO ₂ Äquivalent

Dokumentation der Charakterisierung

Annahmen	text
Berechnungsverfahren	text
Werthaltungen	text

Abb. 4.47: Wirkungsabschätzung

Im vorhergehenden Abschnitt wurden einige wichtige Funktionen des erstellten XML-Schemas für die Stoff- und Energiebilanzierung und Möglichkeiten einer XSL-Transformation gezeigt werden. Im nächsten Kapitel werden die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und dabei auf mögliche künftige Schritte eingegangen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde ein XML-Schema für die Stoff- und Energiebilanzierung erstellt. Es kann ein gewinnbringendes Instrument für das Umweltmanagement und -controlling darstellen, da es wichtige ökologische und ökonomische Informationen, die mit der Produktion eines Untersuchungsgegenstands verbunden sind, verfügbar macht.

Das für die Umsetzung benutzte Vorgehensmodell in Anlehnung an SCHRAML (1997) wurde durch die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung ergänzt. Die Gestaltung der Struktur- und Inhaltskomponenten fand auf Grundlage der Grundsätze und Anforderungen an eine Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040:2006 und 14044:2006 statt. Ergänzt wurde das Modell durch die in der Zieldefinition festgelegten Anforderungen nach einer Einordnung von Stoff- und Energieflüssen in den Öko-Kontenrahmen und die Möglichkeit zur Angabe von monetären Werten.

Die Anwendung des Vorgehensmodells hat sich als gewinnbringend erwiesen. Insbesondere zeigte sich der Vorteil der tabellarisch erfassten PSK bzw. RSK, da bei Unklarheiten über semantische Komponenten, jederzeit in den Tabellen nachgeschlagen werden konnte, um deren Bedeutung oder Herkunft zu erfahren.

Bei der Erstellung wurde besonderer Wert auf ein möglichst allgemein gültiges XML-Schema gelegt. Um die Korrektheit bei der Anwendung zu gewährleisten, wurden eine Reihe von Eindeutigkeits-, Schlüssel- und Fremdschlüsselbedingungen eingefügt. Darüber hinaus sorgen Einschränkungen ausgewählter Elemente auf bestimmte Datentypen für die systematische und fehlerresistente Erstellung einer Stoff- und Energiebilanz auf der Grundlage dieser Arbeit.

Die Umsetzung der Modellierung wurde mit Hilfe der Software XML-Spy durchgeführt, welche sich durch die Unterstützung einer grafischen Modellierung, der automatischen Validierung der XML-Schemadefinition und nicht zuletzt der Möglichkeit des automatischen Generierens von Beispieldokumenten, als vorteilhaft erwies.

Zur Unterstützung des Erkenntnisgewinns und für die Integration von Stoff- und Energiebilanzdaten wurden Möglichkeiten zur Angabe von Metainformationen auf der Grundlage der Environmental Markup Language geschaffen. Dazu wurde die in einer DTD vorliegende Auszeichnungssprache in eine XML-Schemadefinition umgewandelt und in das erstellte Schema importiert.

Um die generellen Funktionen des erstellten XML-Schemas zeigen zu können, wurde eine XSL-Transformation mit dem Programm StyleVision erstellt, die eine XML-Dokumentinstanz in ein HTML-Dokument überführt.

Aufgrund der Restriktionen im Rahmen dieser Arbeit ist das erstellte XML-Schema für die Stoff- und Energiebilanzierung als theoretische Grundlage zu werten. In einem nächsten Schritt wäre das erstellte XML-Schema einer Überprüfung zu unterziehen. Dabei könnten weitere Verbesserungen in das Modell einfließen. So ist z. B. denkbar, eine Sammlung der in der Phase der Wirkungsabschätzung verwendeten Charakterisierungsfaktoren, ähnlich der Auflistung der benutzten Einheiten in der Sachbilanz anzulegen, um eine weitere mögliche Fehlerquelle bei der Erstellung einer Stoff- und Energiebilanz ausschließen zu können. Ebenso sind Möglichkeiten zur zentralen Angabe der verwendeten Währungseinheiten, ähnlich zur PAS 1025:2003 einer späteren Realisierung überlassen.

Insbesondere sind die Anforderungen der Nutzer zukünftig weiter in das XML-Schema einzubeziehen, um die Akzeptanz und den Nutzen des XML-Schemas zu erhöhen.

Literaturverzeichnis

- Altova GmbH. (2007a): Stylesheet Design in StyleVision. Abgerufen am 14. Februar 2008 von http://www.altova.com/de/produkte/stylevision/visual_xslt_stylesheet_design.html.
- Altova GmbH (2007b): XMLSpy - Modellieren, Editieren, Transformieren & Debuggen von XML-Technologien. Abgerufen am 5. Februar 2008 von http://www.altova.com/de/produkte/xmlspy/xml_editor.html.
- Arbeitsgruppe EML-UIS (Hrsg.) (1999): EML für Umweltinformationssysteme (UIS). In Arndt, H.-K.; Günther, O.: Environmental Markup Language (EML) - Workshop 1, Berlin 1999 (S. 113-122). Marburg.
- Arndt, H.-K. (1997): Betriebliche Umweltinformationssysteme - Gestaltung und Implementierung eines BUIS-Kernsystems. Wiesbaden.
- Arndt, H.-K. (2000): Erste Ergebnisse zur EML (Environmental Markup Language). Abgerufen am 19. Oktober 2007 von http://www2.wiwi.hu-berlin.de/is/paper/iss/iss_64.pdf.
- 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.; 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.; Freitag, U.; Kazakos, W.; Schwartz-Glaesker, S.; Westbomke, 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.
- Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (Hrsg.) (2001): Handbuch Umweltcontrolling. 2. Aufl., München.
- Daum, B. (2003): Modeling Business Objects with XML Schema. Heidelberg.

- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). (2003): PAS 1025:2003-12 - Austausch umweltrelevanter Daten zwischen ERP-Systemen und betrieblichen Umweltinformationssystemen. 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.
- Echstein, R., & Eckstein, S. (2004): XML und Datenmodellierung. XML-Schema und RDF zur Modellierung von Daten und Metadaten einsetzen. Heidelberg.
- Erixon, M., & Ågren, S. (1998): An Assessment of the SPOLD-format with comparisons between SPOLD and SPINE. Abgerufen am 15. Februar 2008 von <http://lca-net.com/spold/publ/index.html>.
- 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.
- Gómez, J. M.; Hermann, C.; Isenmann, R. (2004): Development and Validation of an XML Schema for Automated Environmental Reporting on XML Basis. In Gómez, J. M.: Automatisierung der Umweltberichterstattung mit Stoffstrommanagementsystemen. Habilitationsschrift, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. (S. 233-247). Magdeburg.
- Köhler, H.; Wittenbrink, H. (2003): XML. Berlin.
- Kottmann, H. (1997): Einbindung von Metadaten in ein zielorientiertes Umweltmanagement mit Hilfe von Umweltkennzahlen. In Arndt, H.-K.; Günther, O.; Hilty, L. M.; Rautenstrauch, C.: Metainformation und Datenintegration in betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS). 6. Workshop, Berlin 1997. (S. 113-126). Marburg.
- Kruse, F.; Eichler, M.; Freitag, U.; Sattler, T. (2001): Die XML-Schnittstelle des UDK 4.2 - Der Schlüssel zur Integration von Umweltsystemen. Abgerufen am 11. Februar 2008 von www.kst.portalu.de/pub/konf/2001/XML-SchnittstelleUDK42.pdf
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Grundlagen, Konzepte und Systeme. Berlin u. a.

- Rosemann, M. (1996): Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen - Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung. Wiesbaden.
- Schraml, T. (1997): Operationalisierung der ökologiebezogenen Berichterstattung aus Sicht des Informationsmanagements. Konzeption eines Vorgehensmodells zur formalisierten Explikation logischer Dokumenttypmodelle im Rahmen der Umweltkommunikation von Unternehmen. Dissertation, Technische Universität Dresden. Dresden.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2001): Der Weg zu EMAS. Abgerufen am 23. Januar 2008 von <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/2781.htm>.
- W3C World Wide Web Consortium. (2007): XML Path Language (XPath) 2.0. Abgerufen am 14. Februar 2008 von <http://www.w3.org/TR/xpath20/>.
- W3C World Wide Web Consortium. (2001): XML Schema Teil 2: Datentypen. Deutsche Übersetzung. Abgerufen am 04. Dezember 2007 von <http://www.edition-w3c.de/TR/2001/REC-xmlschema-2-20010502/>.
- Walmsley, P. (2002): Definitive XML Schema.
- Weidema. (o. J.): SPOLD @ 2.-0 LCA consultants. Abgerufen am 10. 02 2008 von <http://lca-net.com/spold/>.
- Weidema. (1999): SPOLD '99 format - an electronic data format for exchange of LCI data. Abgerufen am 13. 01 2008 von <http://lca-net.com/spold/publ/index.html>.

Anhang

Im Teil A, S. 100 des Anhangs dieser Arbeit werden die identifizierten und in der XML-Schemadefinition verwendeten relevanten semantischen Komponenten in einer Tabelle aufgeführt.

In der ersten Spalte der Tabelle werden die RSK angegeben. Um die thematische Zugehörigkeit zu kennzeichnen, sind die Unterpunkte eingerückt. Die zweite Spalte gibt eine kurze Definition der Bedeutung an. In der dritten Spalte wird die Notwendigkeit der RSK angegeben, wobei die Zeichen ‚v‘ für ‚vorgeschrieben‘ und ‚w‘ für ‚wählbar‘ verwendet werden. In der vierten Spalte ist der Grund für die Aufnahme in das Modell angegeben. Dabei beziehen sich Kapitelangaben auf die Norm zur Ökobilanzierung DIN EN ISO 14044:2006. Die Bezeichnung ‚Modell‘ verdeutlicht, dass eine Aufnahme in der Modellierung begründet war. Schließlich verdeutlicht die Abkürzung ‚Zieldef.‘, dass eine Aufnahme aufgrund der Zielanforderungen vorgenommen wurde. In der fünften Spalte sind die zugehörigen Modellbezeichner aufgeführt.

Im Teil B, S. 105 und Teil C, S. 110 werden die erstellten XML-Schemata für die EML und die Stoff- und Energiebilanzierung aufgeführt. Um die Lesbarkeit der Quelltexte zu erhöhen, wurden stellenweise Zeilenumbrüche eingefügt. Diese wurde mit den Zeichen ‚...‘ gekennzeichnet, um deutlich zu machen, dass die Zeichenketten zusammengehören.

A Tabelle der relevanten semantischen Komponenten

Tab. A.1: Relevante semantische Komponenten

Semantische Komponente	Definition	v/w*	Begründung**	Modellbezeichnung
meta informations	Metainformationen	v	Zieldef.	emlMetaRecord
goal definition	Festlegung des Ziels	v	4.2	goalDefinition
goal	Ziel der Studie	v	4.2.2	goal
intended application	beabsichtigte Anwendung	v	4.2.2	intendedApplication
reasons	Gründe für die Durchführung der Studie	v	4.2.2	reasons
intended audience	Angesprochene Zielgruppe	v	4.2.2;5.2	targetAudiences
publication	Veröffentlichung	v	4.2.2	publicationStatement
scope definition	Festlegung des Untersuchungsrahmens	v	4.2	scopeDefinition
product system	zu Untersuchende Produktsystem	v	4.2.3.1	productSystem
functions	Funktionen des Produktsystems	v	4.2.3.1	functions
performance characteristics	Leistungsmerkmale	v	4.2.3.2; 5.2	performance-Characteristics
omissions	Auslassung zusätzlicher Funktionen	w	4.2.3.2; 5.2	omissions
functional unit	Funktionelle Einheit	v	4.2.3.1	functionalUnit
reference flow	Referenzfluss	v	4.2.3.2	referenceFlow
system boundary	Systemgrenze	v	4.2.3.1	systemBoundary
process flow diagram	Systemfließbild	w	4.2.3.3.2	processFlowDiagram
unit process inventory	Auflistung der betrachteten Prozessmodule	v	4.2.3.3.2	unitProcessInventory
unit process	Prozessmodul	v	4.2.3.3.2	unitProcess
identification	Identifikation	v	Modell	id
name	Bezeichnung	v	Modell	name
begin	Begin des Prozessmoduls	v	4.2.3.3.2	begin
nature of transformation	Art der Bearbeitung	v	4.2.3.3.2	transformations
end	Ende des Prozessmoduls	v	4.2.3.3.2	end
omissions	Auslassungen	w	4.2.3.3.1	omissions
cut-off-criteria	Abschneidekriterien	v	4.2.3.3.3	cutOffCriteria
refinement	Anpassung der Systemgrenzen	v	4.3.3.4	refinement
allocation procedures	Allokationsverfahren	v	4.2.3.1	allocationProcedure
impact assessment methodology	Methode der Wirkungsabschätzung	v	4.2.3.1	impactAssessment-Methodology
impact categories	Wirkungskategorien	v	4.2.3.4	impactCategory
identification	Identifikation	v	Modell	id
name	Bezeichnung	v	4.4.2.2.1	name
related information	in Beziehung stehende Informationen	v	4.4.2.2.1	relatedInformation
sources	Quellen	v	4.4.2.2.1	sources

category indicators	Wirkungsindikatoren	v	4.2.3.4	categoryIndicator
identification	Identifikation	v	Modell	id
unit	Einheit des Infiktors	v	Modell	unit
name	Name	v	4.4.2.2.1	name
related information	in Beziehung stehende Informationen	v	4.4.2.2	relatedInformation
sources	Quellen	v	4.4.2.2	sources
characterization models	Charakterisierungsmodelle	v	4.2.3.4	characterizationModel
name	Name	w	Modell	name
description	Beschreibung	v	4.4.2.2.1	description
related information	in Beziehung stehende Informationen	v	4.4.2.2	relatedInformation
sources	Quellen	v	4.4.2.2	sources
interpretation	Methoden zur Auswertung	v	4.2.3.1	interpretation
data requirements	Anforderungen an die Daten	v	4.2.3.1; 4.2.3.5	dataRequirements
assumptions	Annahmen	v	4.2.3.1; 4.2.3.3.3	assumptions
value choices	Werthaltungen und optionale Bestandteile	v	4.2.3.1	valueChoices
optional elements	optionale Bestandteile	v	4.2.3.1	optionalElements
limitations	Einschränkungen	v	4.2.3.1	limitations
data quality requirements	Anforderungen an die Daten	v	4.2.3.1; 4.2.3.6.1	dataQuality-Requirements
specification	Festlegung der Anforderungen	v	4.2.3.1	specification
time related coverage	zeitbezogene Erfassungsbereich	w	4.2.3.6.2	timeRelatedCoverage
geographical coverage	geographische Erfassungsbereich	w	4.2.3.6.2	geographicalCoverage
technology coverage	technologischer Erfassungsbereich	w	4.2.3.6.2	technologyCoverage
precision	Maß für Schwankungsbreite der Werte aller angegebener Daten	w	4.2.3.6.2	precision
completeness	Vollständigkeit	w	4.2.3.6.2	completeness
representativeness	Repräsentativität	w	4.2.3.6.2	representativeness
consistence	Konsistenz	w	4.2.3.6.2	consistency
reproducibility	Vergleichspräzision	w	4.2.3.6.2	reproducibility
sources of data	Datenquellen	w	4.2.3.6.2	sourcesOfData
uncertainty	Unsicherheit der Informationen	w	4.2.3.6.2	uncertainty
treatment of missing data	Handhabung fehlender Daten	v	4.2.3.6.3	treatmentOfMissing-Data
critical review considerations	Aspekte der kritischen Prüfung	w	4.2.3.8	criticalReview-Considerations
type of critic review	Art der kritischen Prüfung	v	4.2.3.8	criticalReviewType
execution	Art der Durchführung	v	4.2.3.8	execution
responsible persons	durchführende Personen	v	4.2.3.8	responsiblePerson
expertise	Grad der Sachkenntnis	v	4.2.3.8	expertise

type and format of report	Art und Aufbau des Berichts	v	4.2.3.1	typeAndFormatOf-Report
inventory analysis	Wirkungsabschätzung	v	4.3	inventoryAnalysis
eco account system	Öko-Kontenrahmen	v	Zieldef.	ecoAccountSystem
account system	Kontenrahmen	v	Zieldef.	accountSystem
identification	Identifikation	v	Modell	id
parentId	übergeordneter Kontenrahmen	v	Modell	parentId
weight	Gewicht zur Sortierung	w	Modell	weight
account number	Zuordnung zu Konten der Finanzbuchhaltung	w	Modell	accountNo
name	Bezeichnung	v	Modell	name
description	Beschreibung	w	Modell	description
used units	Liste der verwendeten Einheiten	w	4.3.2.2	usedUnits
unit	Einheit	v	Modell	unit
identification	Identifikation	v	Modell	id
short	Kurzbezeichnung	v	Modell	short
long	Bezeichnung	w	Modell	long
unit process assignment	Zuordnung der Prozessmodule	v	4.3.2.1	unitProcessAssignment
unit process	Prozessmodule	v	4.3.2.1	unitProcess
identification	Kennzeichnung des Prozessmoduls	v	A.4	id
description	Beschreibung des Prozessmoduls	v	4.3.2.1; A.4	description
operating conditions	relevanten Daten für die Betriebsbedingungen	v	4.3.2.2	operatingConditions
reference flow	Geeigneter Fluss	v	4.3.3.3	referenceFlow
data collection	Angaben zur Erfassung	w	A.4	dataCollection
completed by	Ausgefüllt von	w	A.4	completedBy
completion date	Datum der Fertigstellung	w	A.4	completionDate
reporting location	Datenquelle	w	A.4	reportingLocation
time period	Zeitabschnitt	w	A.4	timePeriod
flow inventory	Auflistung der Stoffströme	v	4.3.2.2	flowInventory
flow	Auflistung von Flüssen	v	4.3.2.2	flow
identification	Identifikation	v	Modell	id
quantity	Menge	v	A.4	quantity
unit	Einheit	v	A.4	unit
origin/destination	Herkunft und Bestimmungsort	w	A.4	unitProcessReference
sampling type	Art der Datensammlung	w	4.3.2.1	samplingType
collected	gesammelt	w	4.3.2.1	collected
measured	gemessen	w	4.3.2.1	measured
calculated	berechnet	w	4.3.2.1	calculated
account system	Öko-Kontenrahmen	w	Zieldef.	accountSystem
name	Bezeichnung	v	Modell	name

monetary value	Monetäre Größen	w	Zieldef.	monetaryValue
quantity	Menge	w	Zieldef.	quantity
unit	Einheit	w	Zieldef.	unit
accountReference	Konten der Finanzbuchhaltung	w	Modell	accountReference
data collection	Angaben über Datenerhebung	w	4.3.2.1	dataCollection
public sources	Öffentliche Quellen	w	4.3.2.1	publicSources
details of data collection process	Einzelheiten des Datenerhebungsverfahrens	v	4.3.2.1; A.4	detailsOfDataCollection
data quality indicators	Indikatoren der Datenqualität	v	4.3.2.1	dataQualityIndicators
failure of data quality requirements	Nichterfüllung der Anforderungen an die Datenqualität	w	4.3.2.1	dataQualityFailure
time of collection	Zeitspanne	v	4.3.2.1	timeSpan
start	Startzeitpunkt	w	4.3.2.1	start
end	Endzeitpunkt	w	4.3.2.1	end
documentation	Dokumentation	w	4.3.2.2	documentation
data collection and calculation techniques	Datenerhebungs- und Berechnungsmethoden	w	4.3.2.2	collectionAndCalculationTechnics
instructions to document special cases of data	Anweisungen bei Sonderfällen, Unregelmäßigkeiten	w	4.3.2.2	specialCaseInstructions
impact assessment	Wirkungsabschätzung	w	4.4.2.1	impactAssessment
impact category inventory	Auflistung der Wirkungskategorien	v	4.4.2.1	impactCategoryInventory
impact category	Wirkungskategorien	v	4.4.2.1	impactCategory
identification	Identifikation	v	Modell	id
characterization model	Charakterisierungsmodell	v	4.4.2.1	characterizationModel
identification	Identifikation	v	Modell	id
appropriateness	Eignung für die Ableitung des Wirkungsindikators	v	4.4.2.2.1	appropriateness
environmental mechanism	Umweltwirkungsmechanismus	v	4.4.2.2.1	environmentalMechanism
environmental relevance	Umweltrelevanz	v	4.4.2.2.2	environmentalRelevance
qualitatively ability	Grades der Beziehung zwischen Wirkungsindikatorwert und Wirkungsendpunkten	v	4.4.2.2.4	qualitativelyAbility
additional data	Ergänzung der Umweltdaten	w	4.4.2.2.4	additionalData
condition of category endpoints	Zustand des Wirkungsendpunktes	w	4.4.2.2.4	endpointCondition
relative magnitude in endpoints	relative Größenordnung der abgeschätzten Änderung im Wirkungsendpunkt	w	4.4.2.2.4	endpointRelativeMagnitudeOfChange
spatial aspects	räumliche Aspekte	w	4.4.2.2.4	spatialAspects
temporal aspects	zeitliche Aspekte	w	4.4.2.2.4	temporalAspects
reversibility	Umkehrbarkeit des Wirkungsmechanismus	w	4.4.2.2.4	reversibility

uncertainty	Unsicherheit der Verbindung Indikator/Endpunkt	w	4.4.2.2.4	uncertainty
categorie endpoints	Wirkungsendpunkte	v	4.4.2.2.2	categoryEndpoints
category indicator	Wirkungsindikator	v	4.4.2.1	categoryIndicator
assignment of lci results	Zuordnung Sachbilanz-ergebnisse	v	4.4.2.2.2	flowAssignment
flow	Stoffstrom	v	4.4.2.2.2	flow
identification	Identifikation	v	Modell	id
type of assignment	Art der Zuordnung zu den Wirkungskategorien	w	4.4.2.3	assignmentType
exclusive	exklusive Zuordnung	w	4.4.2.3	exclusive
parallel	parallele Mechanismen	w	4.4.2.3	parallel
serial	serielle Mechanismen	w	4.4.2.3	serial
characterization factor	Charakterisierungsfaktor	v	4.4.2.4	characterizationFactor
indicator result	Indikatorwert	v	4.4.2.1; 4.4.2.4	indicatorResult
category indicator result	Summe der Indikator-Ergebnisse	v	4.4.2.1	categoryIndicator-Result
documentation of characterization	Dokumentation des Verfahrens zur Berechnung der Indikatorwerte	v	4.4.2.4	documentationOf-Characterization
calculation Methods	Berechnungsverfahren	v	4.4.2.4	calculationMethods
value choices	Werthaltungen	v	4.4.2.4	valueChoices
assumptions	Annahmen	v	4.4.2.4	assumptions
optional elements	Optionale Bestandteile	w	4.4.3	optionalElements
normalization	Normierung	w	4.4.3.2	normalization
grouping	Ordnung	w	4.4.3.3	grouping
weighting	Gewichtung	w	4.4.3.4	weighting
data quality analysis	Analyse der Datenqualität	w	4.4.4	dataQualityAnalysis
interpretation	Auswertung	v	4.5	interpretation
significant issues	Identifizierung signifikanter Parameter	v	4.5.2.1	significantIssues
evaluation	Beurteilung	v	4.5.3	evaluation
conclusions	Schlussfolgerungen	v	4.5.4	conclusion
limitations	Einschränkungen	v	4.5.4	limitations
recommendations	Empfehlungen	v	4.5.4	recommendations

* **Angabe über die Verbindlichkeit**

v = vorgeschrieben, w= wählbar

** **Begründung für die Aufnahme**

Kapitelangaben

DIN EN ISO 14044:2006,

Modell

Begründung innerhalb durch Modellierung gegeben

Zieldef.

Begründung durch Zieldefinition gegeben

B XML-Schema der Environmental Markup Language

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<xs:schema xmlns:eml="eml" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  targetNamespace="eml" elementFormDefault="qualified"
  attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:element name="emlMetaRecord" type="eml:emlMetaRecordType"/>
  <xs:element name="url" type="xs:anyURI" nillable="true"/>
  <xs:element name="address" type="eml:addressType" nillable="true"/>
  <xs:complexType name="emlMetaRecordType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="recordInformation"
        type="eml:recordInformationType" nillable="true"/>
      <xs:element name="resourceInformation"
        type="eml:resourceInformationType" nillable="true"/>
      <xs:element name="indexInformation"
        type="eml:indexInformationType" nillable="true"
        minOccurs="0"/>
      <xs:element name="scope" type="eml:scopeType"
        nillable="true" minOccurs="0"/>
      <xs:element name="temporal" type="eml:temporalType"
        nillable="true"/>
      <xs:element name="responsibilities"
        type="eml:responsibilitiesType" nillable="true"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
  <xs:complexType name="resourceInformationType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="languageOfResource" type="xs:language"
        nillable="true"/>
      <xs:element name="sizeOfResource" nillable="true"
        minOccurs="0"/>
      <xs:element name="typeOfResource" nillable="true"/>
      <xs:element name="formatOfResource" nillable="true"
        minOccurs="0"/>
      <xs:element name="relatedResources" nillable="true"
        minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

```

```

<xs:complexType name="recordInformationType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="id" type="xs:NMTOKEN"/>
    <xs:element name="source" nillable="true"/>
    <xs:element name="title" nillable="true"/>
    <xs:element name="levelOfMetadata" nillable="true"/>
    <xs:element name="abstract" nillable="true"/>
    <xs:element name="distributionMedium" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="accessConstraints" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="useConstraints" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="languageOfRecord" type="xs:language"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element ref="eml:url"/>
    <xs:element name="method" nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="aggregationLevel" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="status" nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="keywords" nillable="true" minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="indexInformationType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="controlledVocabulary" nillable="true"/>
    <xs:element name="unControlledVocabulary" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="scopeType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="referencePoint" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="boundingBox" type="eml:boundingBoxType"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

<xs:complexType name="boundingBoxType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="west" nillable="true"/>
    <xs:element name="east" nillable="true"/>
    <xs:element name="north" nillable="true"/>
    <xs:element name="south" nillable="true"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="addressType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="name" nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="organization" nillable="true"/>
    <xs:element name="street" nillable="true"/>
    <xs:element name="city" nillable="true"/>
    <xs:element name="state" nillable="true"/>
    <xs:element name="zip" nillable="true"/>
    <xs:element name="country" nillable="true"/>
    <xs:element name="email" nillable="true">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="([0-9a-zA-Z]([-.\w]*[+0-9a-zA-Z-
            Z])*@([0-9a-zA-Z](-\w)*[0-9a-zA-Z]\.)+[a-zA-
            Z]{2,9})"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
    <xs:element name="telephone" nillable="true">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="(\+?[0-9]{2,}\s)?[/,\(\)]?\s?[0-
            9]{2,}\s?[/,)]?\s?[0-9\s]{3,}"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
    <xs:element name="fax" nillable="true">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">

```

```

        <xs:pattern value="(\\+?[0-9]{2,}\\s)?[/,\\(]?\\s?[0-9]{2,}\\s?[/,)]?\\s?[0-9\\s]{3,}"/>
    </xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element ref="eml:url" minOccurs="0"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="temporalType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="temporalCoverage"
            type="eml:temporalCoverageType" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:choice>
            <xs:element name="publicationDate" type="xs:date"
                nillable="true"/>
            <xs:element name="dateOfLastUpdateOfRecord"
                type="xs:dateTime" nillable="true"/>
        </xs:choice>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="temporalCoverageType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="startDate" type="xs:date" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="endDate" type="xs:date" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="responsibilitiesType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="authorOriginator"
            type="eml:authorOriginatorType" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="distributor" type="eml:distributorType"
            nillable="true"/>
        <xs:element name="contact" type="eml:contactType"
            nillable="true" minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="authorOriginatorType">
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="eml:address" minOccurs="0"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="distributorType">
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="eml:address"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="contactType">
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="eml:address" minOccurs="0"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

C XML-Schema zur Stoff- und Energiebilanzierung

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:meb="meb" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:eml="eml" targetNamespace="meb"
  elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:import namespace="eml" schemaLocation="eml.xsd"/>
  <xs:element name="materialAndEnergyBalance"
    type="meb:materialAndEnergyBalanceType">
    <xs:annotation>
      <xs:documentation>root element</xs:documentation>
    </xs:annotation>
    <xs:unique name="impactCategory">
      <xs:selector
        xpath="meb:impactAssessment/meb:impactCategoryInventory/...
        meb:impactCategory"/>
      <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:unique>
    <xs:key name="impactCategoryKey">
      <xs:selector
        xpath="meb:scopeDefinition/...
        meb:impactAssessmentMethodology/meb:impactCategory"/>
      <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:key>
    <xs:keyref name="impactCategoryReference"
      refer="meb:impactCategoryKey">
      <xs:selector
        xpath="meb:impactAssessment/...
        meb:impactCategoryInventory/meb:impactCategory"/>
      <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:keyref>
    <xs:key name="categoryIndicatorKey">
      <xs:selector
        xpath="meb:scopeDefinition/...
        meb:impactAssessmentMethodology/meb:categoryIndicator"/>
      <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:key>
    <xs:keyref name="categoryIndicatorReference"
      refer="meb:categoryIndicatorKey">

```

```

    <xs:selector xpath="meb:impactAssessment/...
        meb:impactCategoryInventory/meb:impactCategory/...
        meb:categoryIndicator"/>
    <xs:field xpath="@id"/>
</xs:keyref>
<xs:key name="characterizationModelKey">
    <xs:selector xpath="meb:scopeDefinition/...
        meb:impactAssessmentMethodology/...
        meb:characterizationModel"/>
    <xs:field xpath="@id"/>
</xs:key>
<xs:keyref name="characterizationModelReference"
    refer="meb:characterizationModelKey">
    <xs:selector xpath="meb:impactAssessment/...
        meb:impactCategoryInventory/meb:impactCategory/...
        meb:characterizationModel"/>
    <xs:field xpath="@id"/>
</xs:keyref>
<xs:key name="unitProcessKey">
    <xs:selector xpath="meb:scopeDefinition/...
        meb:systemBoundary/meb:unitProcessInventory/...
        meb:unitProcess"/>
    <xs:field xpath="@id"/>
</xs:key>
<xs:keyref name="unitProcessFlowReference"
    refer="meb:unitProcessKey">
    <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
        meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess/...
        meb:flowInventory/meb:flow"/>
    <xs:field xpath="@unitProcessReference"/>
</xs:keyref>
<xs:keyref name="unitProcessReference"
    refer="meb:unitProcessKey">
    <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
        meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess"/>
    <xs:field xpath="@id"/>
</xs:keyref>
<xs:unique name="unitProcess">

```

```

        <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
            meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess"/>
        <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:unique>
    <xs:key name="accountSystemKey">
        <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
            meb:ecoAccountSystem/meb:accountSystem"/>
        <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:key>
    <xs:keyref name="accountSystemReference"
        refer="meb:accountSystemKey">
        <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
            meb:unitProcessAssignment/meb:unitProcess/...
            meb:flowInventory/meb:flow"/>
        <xs:field xpath="@accountSystem"/>
    </xs:keyref>
    <xs:key name="usedUnitKey">
        <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/...
            meb:usedUnits/meb:unit"/>
        <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:key>
    <xs:keyref name="usedUnitReference" refer="meb:usedUnitKey">
        <xs:selector xpath="meb:inventoryAnalysis/meb:unitProcess/...
            meb:flowInventory/meb:flow"/>
        <xs:field xpath="@unit"/>
    </xs:keyref>
</xs:element>
<xs:annotation>
    <xs:documentation>global elements</xs:documentation>
</xs:annotation>
<xs:element name="name" nillable="true"/>
<xs:element name="sources" nillable="true"/>
<xs:element name="relatedInformation" nillable="true"/>
<xs:element name="description" nillable="true"/>
<xs:annotation>
    <xs:documentation>types</xs:documentation>
</xs:annotation>
<xs:complexType name="materialAndEnergyBalanceType">

```

```

<xs:sequence>
  <xs:element name="emlMetaRecord"
    type="eml:emlMetaRecordType" nillable="true"/>
  <xs:element name="goalDefinition"
    type="meb:goalDefinitionType" nillable="true"/>
  <xs:element name="scopeDefinition"
    type="meb:scopeDefinitionType" nillable="true"/>
  <xs:element name="inventoryAnalysis"
    type="meb:inventoryAnalysisType" nillable="true"/>
  <xs:element name="impactAssessment"
    type="meb:impactAssessmentType" nillable="true"
    minOccurs="0"/>
  <xs:element name="interpretation"
    type="meb:interpretationType" nillable="true"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="goalDefinitionType">
  <xs:all>
    <xs:element name="goal" nillable="true"/>
    <xs:element name="intendedApplication" nillable="true"/>
    <xs:element name="reasons" nillable="true"/>
    <xs:element name="targetAudiences" nillable="true"/>
    <xs:element name="publicationStatement" nillable="true"/>
  </xs:all>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="scopeDefinitionType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="productSystem" nillable="true"/>
    <xs:element name="functions" type="meb:functionsType"
      nillable="true"/>
    <xs:element name="functionalUnit" nillable="true"/>
    <xs:element name="referenceFlow" nillable="true"/>
    <xs:element name="systemBoundary"
      type="meb:systemBoundaryType" nillable="true"/>
    <xs:element name="allocationProcedures" nillable="true"/>
    <xs:element name="impactAssessmentMethodology"
      type="meb:impactAssessmentMethodologyType"
      nillable="true"/>
  </xs:sequence>

```

```

<xs:element name="interpretation" nillable="true"/>
<xs:element name="dataRequirements" nillable="true"/>
<xs:element name="assumptions" nillable="true"/>
<xs:element name="valueChoices" nillable="true"/>
<xs:element name="optionalElements" nillable="true"/>
<xs:element name="limitations" nillable="true"/>
<xs:element name="dataQualityRequirements"
    type="meb:dataQualityRequirementsType" nillable="true"/>
<xs:element name="criticalReviewConsiderations"
    type="meb:criticalReviewConsiderationsType"
    nillable="true" minOccurs="0"/>
<xs:element name="typeAndFormatOfReport" nillable="true"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="functionsType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="performanceCharacteristics"
            nillable="true"/>
        <xs:element name="omissions" nillable="true" minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="unitProcessInventoryType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="unitProcess" nillable="true"
            maxOccurs="unbounded">
            <xs:complexType>
                <xs:sequence>
                    <xs:element ref="meb:name" minOccurs="0"/>
                    <xs:element name="begin" nillable="true"/>
                    <xs:element name="transformations"
                        nillable="true"/>
                    <xs:element name="end" nillable="true"/>
                </xs:sequence>
                <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN"
                    use="required"/>
            </xs:complexType>
        </xs:element>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

</xs:complexType>
<xs:complexType name="systemBoundaryType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="processFlowDiagram" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="unitProcessInventory"
      type="meb:unitProcessInventoryType" nillable="true"/>
    <xs:element name="omissions" nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="cutOffCriteria" nillable="true"/>
    <xs:element name="refinement" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="impactAssessmentMethodologyType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="impactCategory"
      type="meb:impactCategoryDefinitionType" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:element name="categoryIndicator"
      type="meb:categoryIndicatorType" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:element name="characterizationModel"
      type="meb:characterizationModelDefinitionType"
      nillable="true" maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="impactCategoryDefinitionType">
  <xs:sequence>
    <xs:element ref="meb:name"/>
    <xs:element ref="meb:sources"/>
    <xs:element ref="meb:relatedInformation"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="categoryIndicatorType">
  <xs:sequence>
    <xs:element ref="meb:name"/>
    <xs:element name="unit"/>
  </xs:sequence>

```

```

        <xs:element ref="meb:sources"/>
        <xs:element ref="meb:relatedInformation"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="characterizationModelDefinitionType">
    <xs:sequence>
        <xs:element ref="meb:name" minOccurs="0"/>
        <xs:element ref="meb:description"/>
        <xs:element ref="meb:sources"/>
        <xs:element ref="meb:relatedInformation"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="dataQualityRequirementsType">
    <xs:all>
        <xs:element name="specification" nillable="true"/>
        <xs:element name="timeRelatedCoverage" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="geographicalCoverage" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="technologyCoverage" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="precision" nillable="true" minOccurs="0"/>
        <xs:element name="completeness" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="representativeness" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="consistency" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="reproducibility" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="sourcesOfData" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="uncertainty" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
        <xs:element name="treatmentOfMissingData" nillable="true"/>
    </xs:all>

```

```

</xs:complexType>
<xs:complexType name="criticalReviewConsiderationsType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="typeOfCriticalReview" nillable="true"/>
    <xs:element name="execution" nillable="true"/>
    <xs:element name="responsiblePerson"
      type="meb:responsiblePersonType" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="responsiblePersonType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="eml:addressType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="expertise" nillable="true"/>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="inventoryAnalysisType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="ecoAccountSystem"
      type="meb:ecoAccountSystemType" nillable="true"/>
    <xs:element name="usedUnits" type="meb:usedUnitsType"
      nillable="true"/>
    <xs:element name="unitProcessAssignment"
      type="meb:unitProcessAssignmentType" nillable="true"/>
    <xs:element name="documentation"
      type="meb:documentationType" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="ecoAccountSystemType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="accountSystem" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence>

```

```

        <xs:element ref="meb:name"/>
        <xs:element ref="meb:description" minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN"
        use="required"/>
    <xs:attribute name="parentId" type="xs:NMTOKEN"
        use="required"/>
    <xs:attribute name="weight" type="xs:short"/>
    <xs:attribute name="accountNo"/>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="usedUnitsType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="unit" nillable="true"
            minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
            <xs:complexType>
                <xs:sequence>
                    <xs:element name="short" nillable="true"/>
                    <xs:element name="long" nillable="true"
                        minOccurs="0"/>
                </xs:sequence>
                <xs:attribute name="id" use="required"/>
            </xs:complexType>
        </xs:element>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="unitProcessAssignmentType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="unitProcess" type="meb:unitProcessType"
            nillable="true" maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="unitProcessType">
    <xs:sequence>
        <xs:element ref="meb:description"/>
        <xs:element name="operatingConditions" nillable="true"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

    <xs:element name="referenceFlow" nillable="true"/>
    <xs:element name="dataCollection"
      type="meb:unitProcessDataCollectionType" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="flowInventory"
      type="meb:flowInventoryType" nillable="true"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="unitProcessDataCollectionType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="completedBy" type="eml:addressType"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="completionDate" type="xs:dateTime"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="reportingLocation" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="timePeriod" type="meb:timePeriodType"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="flowInventoryType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="flow" type="meb:flowType" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="flowType">
  <xs:sequence>
    <xs:element ref="meb:name"/>
    <xs:element name="monetaryValue" type="meb:monetaryItemType"
      nillable="true" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="dataCollection"
      type="meb:flowdataCollectionType" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
  <xs:attribute name="quantity" type="xs:float" use="required"/>

```

```

<xs:attribute name="unit" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
<xs:attribute name="type" use="required">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="input"/>
      <xs:enumeration value="output"/>
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="unitProcessReference" type="xs:NMTOKEN"/>
<xs:attribute name="samplingType">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="collected"/>
      <xs:enumeration value="measured"/>
      <xs:enumeration value="calculated"/>
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="accountSystem" type="xs:NMTOKEN"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="monetaryItemType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="quantity" type="xs:float"
      nillable="true"/>
    <xs:element name="unit" type="xs:token" nillable="true"/>
    <xs:element name="accountReference" type="xs:NMTOKEN"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="flowdataCollectionType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="publicSources" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
    <xs:element name="detailsOfDataCollection" nillable="true"/>
    <xs:element name="dataQualityIndicators" nillable="true"/>
    <xs:element name="dataQualityFailure" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

        <xs:element name="timeSpan" type="meb:timePeriodType"
            nillable="true"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="timePeriodType">
    <xs:attribute name="start" type="xs:dateTime"/>
    <xs:attribute name="end" type="xs:dateTime"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="documentationType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="collectionAndCalculationTechnics"
            nillable="true" minOccurs="0"/>
        <xs:element name="specialCaseInstructions" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="impactAssessmentType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="impactCategoryInventory"
            type="meb:impactCategoryInventoryType" nillable="true"/>
        <xs:element name="optionalElements"
            type="meb:optionalElementsType" nillable="true"
            minOccurs="0"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="impactCategoryInventoryType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="impactCategory"
            type="meb:impactCategoryType" nillable="true"
            maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="impactCategoryType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="characterizationModel"
            type="meb:characterizationModelType" nillable="true"/>
        <xs:element name="environmentalMechanism" nillable="true"/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

<xs:element name="environmentalRelevance"
  type="meb:environmentalRelevanceType" nillable="true"/>
<xs:element name="categoryEndpoints" nillable="true"/>
<xs:element name="categoryIndicator" nillable="true"/>
  <xs:complexType>
    <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN"
      use="required"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="flowAssignment"
  type="meb:flowAssignmentType" nillable="true"/>
<xs:element name="categoryIndicatorResult" type="xs:float"
  nillable="true"/>
<xs:element name="documentationOfCharacterization"
  type="meb:documentationOfCharacterizationType"
  nillable="true"/>
</xs:sequence>
<xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="characterizationModelType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="appropriateness" nillable="true"/>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN" use="required"/>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="environmentalRelevanceType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="qualitativelyAbility" nillable="true"/>
    <xs:element name="additionalData"
      type="meb:additionalDataType" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="additionalDataType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="endpointCondition" nillable="true"
      minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

```

<xs:element name="endpointRelativeMagnitudeOfChange"
  nillable="true" minOccurs="0"/>
<xs:element name="spatialAspects" nillable="true"
  minOccurs="0"/>
<xs:element name="temporalAspects" nillable="true"
  minOccurs="0"/>
<xs:element name="reversibility" nillable="true"
  minOccurs="0"/>
<xs:element name="uncertainty" nillable="true"
  minOccurs="0"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="flowAssignmentType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="flow" nillable="true"
      maxOccurs="unbounded">
      <xs:complexType>
        <xs:attribute name="id" type="xs:NMTOKEN"
          use="required"/>
        <xs:attribute name="assignmentType">
          <xs:simpleType>
            <xs:restriction base="xs:string">
              <xs:enumeration value="exclusive"/>
              <xs:enumeration value="parallel"/>
              <xs:enumeration value="serial"/>
            </xs:restriction>
          </xs:simpleType>
        </xs:attribute>
        <xs:attribute name="characterizationFactor"
          type="xs:float" use="required"/>
        <xs:attribute name="indicatorResult" type="xs:float"
          use="required"/>
      </xs:complexType>
    <xs:key name="flowKey">
      <xs:selector xpath="."/>
      <xs:field xpath="@id"/>
    </xs:key>
  </xs:sequence>
</xs:element>

```

```
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="documentationOfCharacterizationType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="calculationMethods" nillable="true"/>
            <xs:element name="valueChoices" nillable="true"/>
            <xs:element name="assumptions" nillable="true"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="optionalElementsType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="normalization" nillable="true"
                minOccurs="0"/>
            <xs:element name="grouping" nillable="true" minOccurs="0"/>
            <xs:element name="weighting" nillable="true" minOccurs="0"/>
            <xs:element name="dataQualityAnalysis" nillable="true"
                minOccurs="0"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="interpretationType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="significantIssues" nillable="true"/>
            <xs:element name="evaluation" nillable="true"/>
            <xs:element name="conclusions" nillable="true"/>
            <xs:element name="limitations" nillable="true"/>
            <xs:element name="recommendations" nillable="true"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

Abschließende Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig, 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 19. Februar 2008