
Einsatz der Software UMBERTO in angewandter Forschung und Praxis

Anwendungsfälle und Praxisbeispiele des
UMBERTO Competence Centers Berlin (UCC Berlin)

Volker Wohlgemuth (Hrsg.)



Betriebliche Umweltinformatik
Industrial Environmental Informatics
HTW Berlin
University of Applied Sciences

Berichte aus der Umweltinformatik

Volker Wohlgemuth (Hrsg.)

**Einsatz der Software UMBERTO
in angewandter Forschung und Praxis**

Anwendungsfälle und Praxisbeispiele
des UMBERTO Competence Centers Berlin (UCC Berlin)

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1438-9

ISSN 1616-0886

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Als erstes offizielles deutsches UMBERTO Competence Center war es immer das Ziel, stoffliche und energetische Einsparpotentiale in Betrieben aufzuzeigen, um so ein Beitrag zum betrieblichen Umweltschutz, aber auch zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Realisierung von monetären Einsparungen zu leisten. Dass eine derartige Harmonisierung von Ökonomie und Ökologie relativ einfach softwareunterstützt möglich ist, soll durch die vielen in diesem Buch zu findenden Anwendungsfälle der Software UMBERTO belegt werden. Es ist unbestritten und klar, dass hierzu ein gewisser Aufwand bei der Modellierung betrieblicher Produktionssysteme notwendig ist. Wie die Beispiele in diesem Buch zeigen, lohnt sich dieser Aufwand in der Regel aber immer, da eine computergestützte Stoffstromanalyse die ideale Basis für die Identifikation von Ressourceneinsparungen bildet. Damit soll dieser Band eine Lücke schließen: Mir hat immer ein Band mit konkreten Anwendungsfällen aus der betrieblichen Praxis gefehlt, der recht detailliert und weniger wissenschaftlich zeigt, wie mit UMBERTO ein konkretes unternehmensrelevantes Problem bearbeitet werden kann und was für einen Nutzen das Unternehmen hieraus erzielt. Wir haben uns dementsprechend bemüht, bei den praktischen Anwendungsfallbeschreibungen nach diesem Ansatz einheitlich vorzugehen.

Dieses Buch soll aber auch Einsteigern Anregungen geben und Mustervorlagen bieten, welche Problemstellungen wie mit UMBERTO gelöst werden könnten, z.B. die Betrachtung zeitlicher Aspekte als Stoffstrom in UMBERTO (siehe hierzu den Beitrag in Kapitel 8). Dabei soll den Anwendern auch ein wenig die „Angst“ vor der Komplexität der Software genommen werden, da viele der beschriebenen Anwendungsfälle von studentischen Projektgruppen des Masterstudiengangs Betriebliche Umweltinformatik an der HTW Berlin durchgeführt worden sind, nachdem diese eine Lehrveranstaltung gehört haben, die in etwa dem Niveau der Einführungskurse entspricht, welche die ifu Hamburg GmbH für Einsteiger und Fortgeschrittene anbietet. Da dieser Studiengang ein Studiengang der angewandten Informatik darstellt, beschreibt dieses Buch im Abschnitt III auch technische Aspekte von UMBERTO, die von Anwendern eher weniger häufig genutzt werden dürften, beispielsweise zur Assistentenentwicklung, zum schnittstellenbasierten Datenaustausch mit anderen Programmen oder Ansätze zur Steigerung der Gebrauchstauglichkeit (Usability) der Software.

Das Buch möchte gelegentlich der getätigten Aussage entgegenreten, dass computergestützte Stoffstromanalysen (bzw. stoffstromorientierte betriebliche Umweltinformationssysteme) nur auf der operativen Planungs- und Entscheidungsunterstützungsebene verwendet werden. Dieses Buch enthält einige Fallbeispiele, die den Einsatz von UMBERTO als Unterstützung der

taktischen und strategischen Entscheidungsunterstützungsebene darstellen. So nutzt z.B. die BAE Batterien GmbH UMBERTO für die strategische Fabrikplanung (siehe Kapitel 8) und die Volkswagen AG UMBERTO zur Planung und Steuerung von taktischen Entscheidungsprozessen in der Lackiererei (siehe Kapitel 7).

Die in diesem Buch diskutierten Anwendungsfälle und angewandten Forschungsfragestellungen wurden im Rahmen von studentischen Projekten, Bachelor- und Masterarbeiten, aber auch in drittmittelgeförderten Projekten des Bundes sowie Forschungsaufträgen der Wirtschaft durchgeführt. Beschrieben werden ausgewählte Anwendungsbeispiele, die im Zeitraum seit der Gründung des UMBERTO Competence Centers Berlin im Jahre 2006 bis Anfang 2012 bearbeitet worden sind. Es kann daher sein, dass an der einen oder anderen Stelle die theoretischen Abhandlungen nicht mehr ganz die aktuellsten Entwicklungen diskutieren. Ich habe mich aber trotzdem dazu entschlossen, derartige Beiträge in diesen Band aufzunehmen, um aufzuzeigen, wie mit UMBERTO die in den Beiträgen angesprochenen Thematiken bearbeitet werden können (z.B. Kapitel 9).

Wer schließlich nicht genug von praxisorientierten Anwendungsfällen der Software UMBERTO hat, findet weitere Beispiele auf der Webseite des UCCs Berlin unter <http://ucc.f2.htw-berlin.de>.

Bedanken möchte ich mich insbesondere auch bei den Autoren der Beiträge, die mit Ihrer Arbeit zum Gelingen dieses Buches beigetragen haben. Ferner geht mein Dank auch an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der ifu Hamburg GmbH, ohne deren freundliche Unterstützung die in die Projekte involvierten Studierenden nicht so erfolgreich und zielorientiert hätten UMBERTO nutzen können.

Redaktion

Volker Wohlgemuth

HTW Berlin

Studiengang Betriebliche Umweltinformatik

Wilhelminenhofstraße 75a, 12459 Berlin

volker.wohlgemuth@htw-berlin.de

Alexander Bock

HTW Berlin

Studiengang Betriebliche Umweltinformatik

Wilhelminenhofstraße 75, 12459 Berlin

alex.bock@htw-berlin.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
------------------------------------	-----------

Tabellenverzeichnis	XV
----------------------------------	-----------

I. Grundlagen 1

1 Theoretischer Hintergrund 3

1.1 Einleitung	3
1.2 UMBERTO und betriebliche Umweltinformationssysteme	4
1.3 Elemente von Stoffstromnetzen	7
1.3.1 Transitionen	7
1.3.2 Stellen	8
1.3.3 Verbindungen	10
1.4 Berechnung von Stoffstromnetzen	11
1.5 Bilanzierung und Auswertung von Stoffstromnetzen	13

2 Der Aufbau von UMBERTO 15

2.1 Programmaufbau	15
2.2 Aufbau eines Stoffstromnetzes	16
2.3 Komponenten	17
2.3.1 Assistenten	18
2.3.2 Input/Output-Bilanz ("Balance Sheet")	18
2.3.3 Massendatenimport ("Bulk Vorlagen")	19
2.3.4 Zugriff auf Datenbanktabellen ("Umberto Database Explorer")	20
2.3.5 Materialverwaltung	20
2.3.6 Input Monitor	21
2.3.7 Bibliothek ("Library")	21
2.3.8 Materialeigenschaften ("Material Properties")	22
2.3.9 Netzparameter	22
2.3.10 Transitionsparameter	22
2.3.11 Transitionsspezifikation	23
2.3.12 Subnetze	24
2.3.13 Skripte ("Skripting")	25
2.3.14 PYTHON	26
2.3.15 Monte Carlo Simulation	26
2.3.16 Kennzahlensystem ("Valuation System")	27

2.3.17	Produktbilanzierung.....	28
2.3.18	Kostenrechnung	28

II. Modellierung betrieblicher Produktionsprozesse 31

3 Stoffstromanalyse der mechanischen Fertigung eines Motorenherstellers 33

3.1	Einleitung.....	33
3.2	Problemstellung	34
3.3	Problemlösung	34
3.3.1	Vorgehen	35
3.3.2	Datenerhebung.....	36
3.3.3	Datenaggregation.....	40
3.3.4	Modellbildung	40
3.3.5	Auswertungen	47
3.4	Bewertung der Lösung.....	48
3.5	Zusammenfassung und Ausblick	50

4 Optimierung des Verkaufs hochlegierter Stahlspäne in einem Gasturbinenwerk..... 51

4.1	Einleitung.....	51
4.2	Problemstellung	51
4.3	Problemlösung	52
4.3.1	Vorgehen	52
4.3.2	Phase 1: Definition	53
4.3.3	Phase 2: Messung	57
4.3.4	Phase 3: Analyse.....	60
4.3.5	Phase 4: Verbesserung.....	61
4.3.6	Lösungsszenarien.....	61
4.4	Beurteilung der Lösung.....	66

5 Stoffstromanalyse in der Produktion von Photovoltaikmodulen 67

5.1	Einleitung.....	67
5.2	Problemstellung	68
5.3	Problemlösung	68
5.3.1	Erhebung der Daten	69
5.3.2	Modellierung	71
5.3.3	Szenarien zur Optimierung.....	73

5.3.4 Kennzahlen	76
5.3.5 Vergleich der Verbesserungspotentiale	77
5.4 Bewertung der Lösung	80
5.5 Zusammenfassung und Fazit	80
6 Durchführung einer Stoffstromanalyse als Ausgangspunkt für eine Potentialanalyse mit den Schwerpunkten Material- und Energieeffizienz	83
6.1 Einleitung	83
6.2 Stoffstromanalyse	85
6.2.1 Stoffstrommanagement	85
6.2.2 Ziele des Stoffstrommanagements	86
6.2.3 Gestaltungsphasen des Stoffstrommanagements	87
6.3 Modellierung mit Stoffstromnetzen	89
6.4 Durchführung der Stoffstromanalyse	90
6.5 Ergebnisse	94
7 Parametrisiertes benutzergeführtes Simulationsmodell einer idealisierten Automobillackiererei	99
7.1 Einleitung	99
7.2 Problemstellung	99
7.3 Usabilitybewertung von UMBERTO	100
7.4 Untersuchungsgegenstand	102
7.4.1 Idealisierte Lackiererei	102
7.4.2 Allgemeine Erläuterung des Lackiervfahrens	103
7.4.3 Verfahren zur Lacknebelabscheidung	105
7.5 Problemlösung	106
7.5.1 Modellvorstellung	106
7.5.2 Parameter	108
7.5.3 Modellschalter (Netzparameter)	108
7.5.4 Prozessparameter (Transitionsparameter)	110
7.5.5 Sensitivitätsanalyse	111
7.6 Bedienassistent	114
7.7 Bewertung der Lösung	118
8 Analyse und Optimierung der innerbetrieblichen logistischen Abläufe in einem mittelständischen Unternehmen	121
8.1 Einleitung	121

8.2	Problemstellung	121
8.3	Problemlösung	122
8.4	Bewertung der Lösung	134
8.5	Zusammenfassung und Fazit.....	135
III.	Modellierung von Energie- und Emissionsfragestellungen	137
9	Probleme und Potentiale der Modellierung des Carbon Footprints am Beispiel eines Schuhs	139
9.1	Einleitung	139
9.2	Ziel	140
9.3	Problemstellung und Fokus.....	141
9.4	Lösungsansatz	143
9.4.1	Datenerfassung	144
9.4.2	Modellierung	146
9.4.3	Optimierungspotential	147
9.5	Zusammenfassung und Ausblick	148
10	Erstellung einer Lösemittelbilanz	151
10.1	Einleitung	151
10.2	Problemstellung	152
10.3	Problemlösung	152
10.3.1	Ermittlung der einzelnen VOC-Fraktionen.....	153
10.3.2	Import der Materialien	154
10.3.3	Datenpflege	154
10.3.4	Export der VOC-Gehalte	155
10.3.5	VOC-Berechnung	155
10.3.6	Kennzahlensystem	159
10.4	Bewertung der Lösung	160
11	Entwicklung eines skalierbaren Energiestrommodells für ein Consultingunternehmen	161
11.1	Einleitung	161
11.2	Problemstellung	161
11.3	Problemlösung	161
11.3.1	Referenzmodell – elektrische Energie	162
11.3.2	Referenzmodell – Wärmeenergie	172

11.3.3	Referenzmodell – Geschäftsreisen	174
11.4	Bewertung der Lösung	179
12	Emissionsanalyse des ÖPNV in Berlin - Brandenburg	181
12.1	Einleitung	181
12.2	Problemstellung	181
12.3	Problemlösung	182
12.3.1	Vorketten	183
12.3.2	Modellierung	185
12.3.3	Sankey-Darstellung	188
12.3.4	Kennzahlensystem	189
12.3.5	Ergebnisse	191
12.4	Fazit	194
12.5	Bewertung der Lösung	194
IV.	Schnittstellen	195
13	Datenaustausch zwischen ARIS und UMBERTO	197
13.1	Einleitung	197
13.2	Problemstellung	197
13.3	Problemlösung	198
13.3.1	Modellierung in ARIS	198
13.3.2	Export der ARIS-Objekte	199
13.3.3	Aufbereitung der Daten in MS EXCEL	200
13.3.4	Erstellung von Kennzahlen in UMBERTO	200
13.3.5	Import der Kennzahlen aus UMBERTO	202
13.3.6	Import der ARIS-Daten	205
13.4	Bewertung der Lösung	205
14	Datenaustausch zwischen GABI und UMBERTO	207
14.1	Einleitung	207
14.2	Problemstellung	207
14.3	Problemlösung	208
14.3.1	EcoSpold Datenimport in UMBERTO	208
14.3.2	EcoSpold Datenexport aus UMBERTO	209
14.3.3	Import von Material Eigenschaften (Material Properties)	210
14.3.4	Aufbau und Gestaltung des Kennzahlensystems	210
14.4	Bewertung der Lösung	212

V. Technisches	213
15 Entwicklung von Assistenten.....	215
15.1 Einleitung	215
15.2 Ereignisse des Assistenten	216
15.3 XML-Stuktur des Assistenten	218
15.4 Installation von Assistenten	225
16 Verwendung des ERP-Systems SAP ERP 5.0 als Datenquelle für UMBERTO	227
16.1 Einleitung	227
16.2 Relevante Module des ERP-Systems SAP ERP 5.0	228
16.3 Technische Rahmenbedingungen	229
16.4 Übersicht von möglichen Ergebnissen der Software UMBERTO	230
16.5 Im ERP-System nutzbare Ergebnisse der Software UMBERTO	230
16.6 UMBERTO Integrator	231
16.7 Nutzung der importierten Daten in UMBERTO	235
16.8 Erweiterung durch Drittdatenquellen	238
17 UxLab- Durchführung einer Usabilitystudie für UMBERTO Carbon Footprint Version 1.0	239
17.1 Einleitung	239
17.2 Usability Studien	241
17.2.1 Methoden und Daten von Usability-Studien	242
17.2.2 Usability als Wettbewerbsvorteil	243
17.3 Usabilitystudie UMBERTO Carbon Footprint Version 1.0	244
17.3.1 Untersuchungsgegenstand	245
17.3.2 Untersuchungsvorbereitung	245
17.3.3 Untersuchungsdurchführung	248
17.3.4 Ergebnisse der Usability-Untersuchung	251
17.4 Fazit	252
Literaturverzeichnis	XXII
Stichwortverzeichnis	XXII
Autorenverzeichnis.....	XXIII
Autorenadressverzeichnis.....	XXIV
Firmenverzeichnis	XXVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Transition, Verbindung, Stelle	7
Abbildung 1.2:	Netz mit einer Transition und zwei Stellen	10
Abbildung 1.3:	Transition aus Abbildung 1.4 verfeinert dargestellt	11
Abbildung 1.4:	Datenaggregation in der Input/Output-Bilanz von UMBERTO	13
Abbildung 1.5:	Beispiel eines Sankeydiagrammes	14
Abbildung 2.1:	Projekt - Szenario - Periode	15
Abbildung 2.2:	Aufbau des Programms	16
Abbildung 2.3:	Erstellung von Stoffstromnetzen in UMBERTO	17
Abbildung 2.4:	Komponenten in UMBERTO	17
Abbildung 2.5:	Input Monitor	21
Abbildung 2.6:	Assistent zur Transitionsspezifikation	24
Abbildung 2.7:	Modellierte Netzebenen (Subnetze)	25
Abbildung 2.8:	Einstellung der Monte Carlo Simulation	26
Abbildung 2.9:	Kennzahleneditor in UMBERTO	27
Abbildung 3.1:	Vorgehen zur Datenerfassung und Modellbildung	35
Abbildung 3.2:	Stoffstromnetz Produktion KGH K2 mit Subnetz KGH K2 rechts	43
Abbildung 3.3:	Abbildung der Zeit am Beispiel der CNC-Maschine	44
Abbildung 3.4:	KSS-Anlage und die Verteilungstransition	45
Abbildung 3.5:	Osmose-Anlage	46
Abbildung 3.6:	Sankeydiagramm der Stoffflüsse des gesamten Stoffstromnetzes	46
Abbildung 3.7:	Anteil/Aufschlüsselung des Stromverbrauchs der CNC-Maschinen a) am Gesamtstromverbrauch b) nach Hauptprozessen	48
Abbildung 3.8:	Einsparpotential durch Benutzung der Stand-By-Phase der CNC-Maschinen	49
Abbildung 4.1:	Stoffstromnetz des Ausgangszustandes – Teil 1/2	53
Abbildung 4.2:	Stoffstromnetz des Ausgangszustandes – Teil 2/2	53
Abbildung 4.3:	Ursache-Wirkungs-Diagramm der definierten Ergebnisvariablen	56
Abbildung 4.4:	Prozentuale Verteilung der aus den Bearbeitungsschritten resultierenden Spanmassen	58
Abbildung 4.5:	Verhältnis der Spanmassen aus Verdichter- und Turbinenradscheiben	59
Abbildung 4.6:	Sankeydiagramm der Stoffströme der Spanentstehung und -entsorgung bezogen auf eine Gasturbine im Ist-Zustand – Teil 1/2	59
Abbildung 4.7:	Sankeydiagramm der Stoffströme der Spanentstehung und -entsorgung bezogen auf eine Gasturbine im Ist-Zustand – Teil 2/2	60
Abbildung 4.8:	Lösungsszenarien zur Prozessverbesserung	62
Abbildung 4.9:	Szenario I: Stoffströme der Spanentstehung und -entsorgung einer Gasturbine–Teil 1/2	64
Abbildung 4.10:	Szenario I: Stoffströme der Spanentstehung und -entsorgung einer Gasturbine–Teil 2/2	64
Abbildung 4.11:	Input-Output-Bilanz des berechneten Stoffstromnetzes in Szenario I	65
Abbildung 5.1:	Übersichtsmodell in UMBERTO	71
Abbildung 5.2:	Materialbaum	72
Abbildung 5.3:	Submodell des Wäschers in UMBERTO	73

Abbildung 5.4:	Stoffstromnetz Szenario 1 (Ausschnitt)	74
Abbildung 5.5:	Stoffstromnetz Szenario 2 (Ausschnitt)	75
Abbildung 5.6:	Stoffstromnetz Szenario 3 (Ausschnitt)	76
Abbildung 5.7:	Massenflüsse des Ist-Zustandes	77
Abbildung 5.8:	Massenflüsse Szenario III	79
Abbildung 6.1:	Schritte eines Stoffstrommanagements	88
Abbildung 6.2:	Sankeydiagramm des Produktionsablaufes von Artikel A	93
Abbildung 6.3:	Energieverbrauch pro Stück	94
Abbildung 6.4:	Kostenvergleich der Trockenschränke	95
Abbildung 6.5:	Produktkosten	96
Abbildung 6.6:	Kostenverteilung Art-4138	96
Abbildung 6.7:	Kostenverteilung Art-4313	97
Abbildung 7.1:	Teilbereiche der Problemstellung	100
Abbildung 7.2:	ISO Definition Gebrauchstauglichkeit	101
Abbildung 7.3:	Allgemeines Verfahrensfließbild einer Automobillackiererei	103
Abbildung 7.4:	PYTHON Beispielskript für Modellschalter	107
Abbildung 7.5:	Simulationsmodell 1. Ebene	108
Abbildung 7.6:	Anzeige der Netzparameter für ein Teilnetz	109
Abbildung 7.7:	Transitionsparameter für den Füllerauftrag	110
Abbildung 7.8:	Formel zur Lackberechnung	111
Abbildung 7.9:	Calculation Method – Monte Carlo	112
Abbildung 7.10:	Gleichverteilung eines Netzparameters	113
Abbildung 7.11:	Simulationsergebnisse für den Lackverbrauch mit dynamischen Parameterwerten	114
Abbildung 7.12:	UMBERTO Einstellungen für den Assistenten	115
Abbildung 7.13:	Assistentenseite Manueller Fluss (Ausschnitt)	116
Abbildung 7.14:	Assistentenseite Prozessparameter	117
Abbildung 7.15:	Assistentenseite Klarlack	118
Abbildung 8.1:	Anlegen einer neuen Basiseinheit	122
Abbildung 8.2:	Anlegen einer neuen Darstellungseinheit	123
Abbildung 8.3:	Zeiten und Wege als Stoffe	124
Abbildung 8.4:	Ausschnitt aus dem Stoffstromnetz	125
Abbildung 8.5:	Gesamtes Stoffstromnetz	127
Abbildung 8.6:	Transitionsspezifikationen für den ersten Transportschritt	128
Abbildung 8.7:	Funktionen der Transitionsspezifikation eines Transportschrittes	129
Abbildung 8.8:	Anlegen von Parametern	130
Abbildung 8.9:	Transitionsspezifikationen der Gießerei	132
Abbildung 8.10:	Funktionen der Transitionsspezifikation der Gießerei	134
Abbildung 9.1:	Schritte zur Erstellung der CO ₂ -Bilanz	144
Abbildung 9.2:	Schritte der Lebenszyklusanalyse	146
Abbildung 9.3:	Ausschnitt aus dem Stoffstromnetz des Schuhproduktionslebenszyklusses	147
Abbildung 9.4:	CO ₂ -Emissionsquellen innerhalb der Prozesskette - ohne Viehhaltung (verfremdet)	148

Abbildung 10.1: Erstellung einer Lösemittelbilanz.....	153
Abbildung 10.2: VOC-Materialien in UMBERTO	155
Abbildung 10.3: Generische Materialien	156
Abbildung 10.4: Transitionsparameter	158
Abbildung 10.5: Kennzahlensystem	160
Abbildung 11.1: Schema der Gerätegruppen	162
Abbildung 11.2: Hauptnetz - elektrische Energie	165
Abbildung 11.3: Darstellung der Flüsse.....	166
Abbildung 11.4: PYTHON-Transitionsspezifikation des Gerätes „Workstation“	167
Abbildung 11.5: Emissionswerte zur elektrischen Energie.....	168
Abbildung 11.6: Sankeydiagramm am Beispiel des Gerätes "Workstation".....	169
Abbildung 11.7: Sankeydiagramm CO ₂ -Emissionen	170
Abbildung 11.8: Bewertungssystem elektrische Energie	171
Abbildung 11.9: Modell der thermischen Energie	172
Abbildung 11.10: Emissionswerte Vergleich 2005 bei 20°C und 21°C.....	173
Abbildung 11.11: Schema des Verkehrsmittelmodells	174
Abbildung 11.12: Streckenparameter des PKW-Benzin	175
Abbildung 11.13: Transitionsspezifikation zur Verbrauchsberechnung	176
Abbildung 11.14: Transitionsspezifikation zur Emissionsberechnung	177
Abbildung 11.15: Bilanzvergleich	178
Abbildung 12.1: GEMIS – Emissionsfaktoren.....	183
Abbildung 12.2: Vorketten in UMBERTO	184
Abbildung 12.3: Vorkette Stromprozess aus GEMIS	185
Abbildung 12.4: Transitionsspezifikation eines Euro 5 Busses	186
Abbildung 12.5: Transitionsspezifikation des Vergleichs-PKW	187
Abbildung 12.6: UMBERTO-Modell des Vergleichs-PKW mit seinen Vorketten.....	187
Abbildung 12.7: Gesamtmodell der beteiligten Unternehmen.....	188
Abbildung 12.8: Subnetz eines Unternehmens	189
Abbildung 12.9: Erstelltes Kennzahlensystem beim Verkehrsmittelvergleich	191
Abbildung 12.10: Kennzahlenvergleich beteiligter Unternehmen bzgl. des CO ₂ -Äquivalents in kg/PKM.....	192
Abbildung 12.11: Kennzahlenvergleich beteiligter Unternehmen bzgl. des SO ₂ -Äquivalents in kg/PKM.....	193
Abbildung 12.12: Kennzahlenvergleich beteiligter Unternehmen bzgl. des TOPP-Äquivalents in kg/PKM.....	193
Abbildung 13.1: ARIS-Ziel-Objekte mit Kante	198
Abbildung 13.2: ARIS-Zieldiagramm.....	199
Abbildung 13.3: Stoffstrommodell "Brauerei"	201
Abbildung 13.4: Kennzahlen "Brauerei".....	201
Abbildung 13.5: Kennzahlenwerte nach Transitionen	202
Abbildung 13.6: Login-Maske	203
Abbildung 13.7: Select Balance Sheet-Maske	204
Abbildung 13.8: Zusammengeführte ARIS- und UMBERTO-Daten	205
Abbildung 13.9: Vorgehensmodell	206

Abbildung 14.1: EcoSpold Datenimport in UMBERTO	208
Abbildung 14.2: EcoSpold Datenimport in UMBERTO mithilfe einer „Dummy Library“	209
Abbildung 14.3: EcoSpold Datenexport aus UMBERTO	209
Abbildung 14.4: Definition der Wirkungskategorien im Kennzahlensystem	211
Abbildung 14.5: Definition der aggregierten Flüsse abhängig von den Material Properties	211
Abbildung 14.6: Definition der Formeln im Kennzahlensystem	212
Abbildung 15.1: Assistentenauswahlmenü	215
Abbildung 15.2: Beispiel für einen Assistenten	216
Abbildung 15.3: Fortschrittsanzeige im Assistenten	223
Abbildung 15.4: Positionsangabe des Bildes	224
Abbildung 15.5: Assistants-Verzeichnis	226
Abbildung 15.6: BIN-Verzeichnis	226
Abbildung 16.1: UMBERTO Integrator	232
Abbildung 16.2: Begrüßungsbildschirm	233
Abbildung 16.3: Projektansicht in der Beispiel-Implementation	234
Abbildung 16.4: Automatisch generiertes Stoffstrom-Netz importierter ERP-Systemdaten in UMBERTO	235
Abbildung 16.5: Sankeydiagramm mit automatisch zugewiesenen Farben	236
Abbildung 16.6: Subnetz mit Vorgängen aus Fertigungsaufträgen	237
Abbildung 16.7: Maske zum Ergebnisexport ins ERP-System	237
Abbildung 17.1: Übersicht Menüleiste MS Word 2003, 2007, 2010	240
Abbildung 17.2: Durchführung einer Usability-Studie nach	242
Abbildung 17.3: Return on Investment mit Fokus auf Usability	244
Abbildung 17.4: Screenshot der Software UMBERTO for Carbon Footprint Version 1.0	245
Abbildung 17.5: Zielergebnis des ersten Aufgabenblocks der UCF-Studie	246
Abbildung 17.6: Zielergebnis des zweiten Aufgabenblocks der UCF-Studie	246
Abbildung 17.7: Zielergebnis des dritten Aufgabenblocks der UCF-Studie	247
Abbildung 17.8: Snapshot eines Sessionvideos während der Benutzungsphase von UCF	249
Abbildung 17.9: Effektivität und Effizienz der Aufgabenabarbeitung	251
Abbildung 17.10: Screenshot UMBERTO CF mit nicht wahrgenommenen GUI-Elemente	253

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Formatvorschriften der Bulk-Matrix	19
Tabelle 3.1: Erhobene Datentypen, deren Quellen, Erhebungsaufwand und Verwendung im Stoffstrommodell	39
Tabelle 3.2: Datenblatt einer CNC-Maschine für den Bearbeitungsschritt KGH links K2 fräsen	40
Tabelle 4.1: Erste Gliederungsstufe des Datenerfassungsplans	57
Tabelle 4.2: Nach Relevanz der Verbesserung gewichtete Einflussfaktoren x_s	61
Tabelle 4.3: Vergleich der Vor- und Nachteilsbilanz von Szenario I zum Ist-Zustand	63
Tabelle 5.1: Aggregierte Werte der durchgeführten Messungen	70
Tabelle 5.2: Sonstige relevante Werte und Messwerte	70
Tabelle 5.3: Kennzahlen Szenario I	78
Tabelle 5.4: Kennzahlen Szenario II	78
Tabelle 5.5: Kennzahlen Szenario III	79
Tabelle 6.1: Vergleich Produkt A - Produktionsprozess und Alternativprozess	95
Tabelle 7.1: Im Modell genutzte Transitionsparameter für den Decklackbereich	111
Tabelle 8.1: Notwendige Stoffumwandlungen	132
Tabelle 10.1: VOC-Fractionen	153
Tabelle 10.2: Import mit VOC-relevanter Materialien	154
Tabelle 11.1: Funktions- und Gerätegruppen	163
Tabelle 11.2: Emissionswerte zur thermischen Energie	172
Tabelle 11.3: Verbrauchs- und Emissionswerte	177
Tabelle 12.1: Faktoren zur Berechnung der Äquivalente gemäß der GEMIS-Datenbank	190
Tabelle 14.1: Ausschnitt einer Bulk-Vorlage	210
Tabelle 15.1: Ereignisse des Assistenten	217
Tabelle 17.1: Übersicht der abzuarbeitenden Aufgabenstellungen im Rahmen der Usability Studie UCF	248