

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Einleitung	19
2 Zielsetzung und forschungsleitende Fragen	25
2.1 Vorgehen und Aufbau der Arbeit	25
2.1.1 Historische Analyse	26
2.1.2 Empirische Analyse	27
2.2 Das kulturelle Konstrukt Umweltproblem	28
2.2.1 Umwelt.....	28
2.2.2 Ökologie.....	29
2.2.3 Was ist ein Umweltproblem?	32
2.3 Wie werden ökologische Daten gesellschaftlich codiert?	34
2.3.1 Ökologische Kommunikation	34
2.3.2 Die binäre Codierung sozialer Funktionssysteme	35
2.3.3 Die soziale Wahrnehmung ökologischer Daten.....	36
2.4 Ökologische Rationalität	37
2.4.1 Systemtheoretische Betrachtungsebene	38
2.4.2 Umweltökonomische Betrachtungsebene	39
2.4.3 Betriebswirtschaftliche Betrachtungsebene	46
2.5 Ökologische Rationalität als Mass der Bestandesaufnahme	50
3 Phase der Vorläufer und Pioniere	53
3.1 Ansätze zur Bilanzierung von Stoff- und Energieflüssen	54

3.1.1	Stoffflussanalyse	55
3.1.2	Input-Output-Bilanz	56
3.1.3	Ökonomische Input-Output-Bilanz	58
3.1.4	Der ökologische Produktlebenszyklus	59
3.1.5	Hybride Input-Output-Bilanzen	60
3.1.6	Erste lebenszyklusbasierte Produktökobilanzen	60
3.1.7	Integration von Produkt- und Betriebssperspektive	61
3.2	Ansätze zur Beurteilung von Stoffbilanzen	62
3.2.1	Verbal-Argumentative Beurteilung	63
3.2.2	Nutzwertanalyse	65
3.2.3	Soziale (Vermeidungs-) Kosten	66
3.2.4	Lebenswegkosten	66
3.2.5	Entropieansätze	67
3.2.6	Stoffflussbasierte Ökologische Knappheit	70
3.2.7	Relation politischer Qualitätsziele	76
3.2.8	Kritische Volumina	77
3.3	Fazit: Ökobilanzen entspringen dem Zeitgeist der 70er	79
4	Phase der Differenzierung und Operationalisierung	85
4.1	Popularität und Kritik forcieren die Entwicklung	86
4.2	Vier Elemente als Ausgangspunkt der Ökobilanzforschung	89
4.2.1	Zieldefinition und Untersuchungsrahmen	90
4.2.2	Sachbilanzierung	92
4.2.3	Wirkungsanalyse & Gewichtung	93
4.2.4	Interpretation	95
4.3	Kritische Operationen der Ökobilanzierung	97
4.3.1	Definition der Funktionellen Einheit	97
4.3.2	Systemabgrenzung und Allokation	99
4.3.2.1	Identifikation und Auswahl relevanter Prozesse	100
4.3.2.2	Umgang mit multifunktionalen Prozessen	102
4.3.2.3	Geltungsbereich der Bilanzierung	105
4.3.2.4	Fazit: Der Rahmen prägt das Resultat erheblich	107

4.3.3	Prozessbeschreibung mittels Stofffluss-Indikatoren.....	107
4.3.3.1	Auswahl und Umfang der Indikatoren.....	109
4.3.3.2	Informationsgehalt und Aggregationsstufe.....	110
4.3.3.3	Kontext-Gebundenheit stofflicher Eigenschaften.....	112
4.3.3.4	Linearisierung und Virtualisierung von Prozessen.....	114
4.3.3.5	Fazit: Sachbilanzierung erfordert Konventionen.....	119
4.3.4	Selektion und Modellierung von Wirkungsketten.....	120
4.3.4.1	Auswahl von Wirkungskategorien.....	123
4.3.4.2	Modellierung der Wirkungsketten.....	128
4.3.4.3	Von Emissionen zu Schutzobjekten.....	130
4.3.4.4	Von Schutzobjekten zu Emissionen.....	137
4.3.4.5	Fazit: Modelle bewirken weitere Spezialisierung.....	142
4.3.5	Gewichtung zur umfassenden Umweltbelastung.....	144
4.3.5.1	Umwelt-Naturwissenschaften als Referenz.....	149
4.3.5.2	Politik und Gesetzgebung als Referenz.....	153
4.3.5.3	Empirische Sozialforschung als Referenz.....	159
4.3.5.4	Monetarisierung als umweltökonomische Referenz.....	166
4.3.5.5	Fazit: Kein Konsens zur Gewichtung absehbar.....	174
4.4	Ökobilanzierung wird zur Wissenschaft.....	177
4.4.1	Differenzierung der Methodik.....	177
4.4.2	Eine valide Theorie der Umweltbelastung.....	179
4.4.3	Anwendung überschreitet die Grenzen der Theorie.....	182
4.4.4	Zentralisieren Datenbanken Ökologische Wahrheit?.....	184
5	Phase der Institutionalisierung.....	191
5.1	Entwicklung einer internationalen Forschungsgemeinschaft.....	192
5.1.1	Netzwerke und ihre Leistungen.....	192
5.1.1.1	Society of Environmental Toxicology & Chemistry.....	192
5.1.1.2	International Society for Industrial Ecology.....	194
5.1.2	Plattformen zur fachspezifischen Kommunikation.....	195
5.1.2.1	International Journal for Life Cycle Assessment.....	195
5.1.2.2	International Conference on EcoBalance.....	196
5.1.2.3	Conference on LCA & Life Cycle Management.....	197
5.1.3	Fazit: Die Ökobilanzforschung konstituiert sich.....	198

5.2	Standardisierung der Anwendung	198
5.2.1	Society for the Promotion of LCA	199
5.2.2	International Organization for Standardization.....	200
5.2.3	UNEP/SETAC Life Cycle Initiative	205
5.2.4	Global Alliance of LCA Research Centres	211
5.2.5	GEDnet – Global EPD Network	216
5.2.6	Fazit: Der Grüne Stein der Weisen nimmt Form an	225
5.3	Diffusion von Daten und Modellen über Software	228
5.3.1	Nutzen computergestützter Ökobilanzierung.....	229
5.3.2	Entstehung des Marktes für Standard-Programme	233
5.3.3	Funktionalität, Daten und Methoden	238
5.3.4	Fazit: Software treibt Institutionalisierung voran	248
5.4	Das Projekt Ökobilanz hat eine kritische Masse erreicht.....	249
6	Empirische Bestandesaufnahme	251
	Exkurs: Begriffsbestimmung zur Betriebsökobilanzierung.....	251
6.1	Stand der Forschung zur Ökobilanz-Praxis	253
6.1.1	Kommunikation zu LCA der Fortune Global 100	254
6.1.2	LCA in amerikanischen Fortune 500 Unternehmen	255
6.1.3	LCA in der nordischen Elektronikindustrie	255
6.1.4	Verbreitung von LCA in Japan	257
6.1.5	Verbreitung von LCA in D, H, UK und CH	261
6.1.6	Ökobilanzierung bei UMS-Zertifizierten in CH	262
6.1.7	Einsatz von LCA und Betriebsökobilanzen in D	264
6.1.8	Beurteilung von LCA durch UMS-Experten in D	266
6.1.9	LCA-Praxis und -Wirkung in D, I, S und CH.....	267
6.1.10	Fazit: Bisherige Empirie lässt zentrale Fragen offen	272
6.2	Stand der Ökobilanzierung in der Schweiz 2004	274
6.2.1	Vorgehen, Umfang und Stichprobe	274
6.2.2	Resultate der allgemeinen Befragung	276
6.2.2.1	Charakterisierung der Stichprobe.....	276
6.2.2.2	Verbreitung von Stoff- und Energiebilanzen	278

6.2.2.3	Bekanntheit und Einfluss der ISO Normen.....	279
6.2.2.4	Beurteilung von Stoff- und Energiebilanzen	280
6.2.3	Auswertung unternehmungsspezifischer Aspekte	284
6.2.3.1	Untersuchungsrahmen und Auflösungsvermögen	284
6.2.3.2	Zweck, Nutzung und Institutionalisierung.....	289
6.2.3.3	Beurteilung unternehmensbezogener Bilanzierung	295
6.2.4	Auswertung produktspezifischer Aspekte	297
6.2.4.1	Umfang, Erstellung und Auflösungsvermögen.....	298
6.2.4.2	Zweck, Nutzung und Institutionalisierung.....	300
6.2.4.3	Beurteilung der Produktökobilanzierung	301
6.2.5	Auswertung der gemeinsamen Aspekte	303
6.2.5.1	Beurteilung von Wirkungsanalyse & Gewichtung	303
6.2.5.2	Beurteilung von Aufwand, Nutzen & Wirkung	310
6.3	Schlussfolgerungen	314
7	Zusammenfassung.....	319
	Literaturverzeichnis	325

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau der Arbeit.....	28
Abbildung 2:	Das Konzept des Optimalen Umweltschutzes.....	43
Abbildung 3:	Ökologischer und Ökonomischer Kreislauf	44
Abbildung 4:	Lebensfähigkeit von Unternehmen.....	47
Abbildung 5:	Die Ökologische Betroffenheit der Unternehmung.....	49
Abbildung 6:	Frühe Produktökobilanz in Werbung von FIAT 1974 .	54
Abbildung 7:	Kombinierte Stofffluss- und Input-Output-Tabelle.....	57
Abbildung 8:	Ökologischer Produktlebenszyklus	59
Abbildung 9:	Betriebsökobilanz mit Wertschöpfungskette.....	62
Abbildung 10:	Environmental Impact Statement McKinsey 1973.....	64
Abbildung 11:	Das Konzept der Ökologischen Knappheit	72
Abbildung 12:	Datenflussschema der Ökologischen Buchhaltung	75
Abbildung 13:	1975 verfügbare Elemente der Ökobilanzierung.....	80
Abbildung 14:	Gesellschaftliche Mobilisierung für Umweltfragen	83
Abbildung 15:	Publizierte Ökobilanz-Studien in Europa um 1991	86
Abbildung 16:	Standardvorgehen für LCA gemäss SETAC 1993	90
Abbildung 17:	Aspekte der Systemabgrenzung	101
Abbildung 18:	Messwerte im Vergleich zu zwei Inventaren	116
Abbildung 19:	Kumulierte NO _x -Emissionen eines Boilers	117
Abbildung 20:	Wirkungskette Versauerung	129
Abbildung 21:	Komplexität ökologischer Prozesse	134
Abbildung 22:	Operationalisierung von Schutzobjekten.....	139
Abbildung 23:	Ethik-basierte Ableitung von Schutzzielen	140
Abbildung 24:	Integrierte Wirkungsanalyse und Gewichtung	143
Abbildung 25:	Seit 1990 entwickelte Gewichtungsmethoden.....	148
Abbildung 26:	NSAEL Methode	152

Abbildung 27: Ökobilanz Japans 1999 nach JEPIX.....	157
Abbildung 28: PANEL-Methode.....	161
Abbildung 29: Divergierende Beurteilung von Wirkungskategorien	162
Abbildung 30: Gewichtung der Schutzobjekte im Eco-indicator 99	163
Abbildung 31: LIME Auswahltabelle zur Conjoint Analysis	171
Abbildung 32: Typologie von Gewichtungsmethoden.....	176
Abbildung 33: Ausdifferenzierung der Methodik	178
Abbildung 34: Arbeitsteilung innerhalb der Ökobilanzforschung	183
Abbildung 35: Standardfaktoren von LIME 2003.....	186
Abbildung 36: Mangelnde Übereinstimmung von Indikatoren.....	188
Abbildung 37: Resultate von Ecoinvent '03 im Vergleich zu ESU '96.....	190
Abbildung 38: Internationale Konferenzen der Ökobilanzforschung	197
Abbildung 39: ISO TC 270 Environmental Management.....	203
Abbildung 40: Organisation Life Cycle Initiative	209
Abbildung 41: Arbeitsschwerpunkte der Life Cycle Initiative.....	210
Abbildung 42: Prioritäten zukünftiger Ökobilanzforschung	211
Abbildung 43: Förderinstitutionen der Ökobilanzierung	215
Abbildung 44: Struktur des Swiss Centre for Life Cycle Inventories	216
Abbildung 45: Struktur des schwedischen EPD ^(c) Programms.....	219
Abbildung 46: Weltweit verfügbare Type III PSRs und EPDs	221
Abbildung 47: Beispiel eines Type III ECO-LEAF EPD von Fuji	223
Abbildung 48: Einführung der Produktökobilanzierung bei NEC	228
Abbildung 49: Tabellenkalkulation zur Ökobilanzierung	230
Abbildung 50: Nutzenpotentiale von Standardsoftware	232
Abbildung 51: Entstehung des Marktes für Ökobilanz-Software.....	234
Abbildung 52: Herkunft von Ökobilanz-Software	236

Abbildung 53:	Entwicklung verkaufter Software-Lizenzen.....	237
Abbildung 54:	Einfache grafische Modellierung mit EcoScan	239
Abbildung 55:	Modellierung und Visualisierung von Stoffflüssen....	240
Abbildung 56:	Mitgelieferte Standard-Inventar-Datenbanken	241
Abbildung 57:	Inkompatibilität von Ökoinventar-Datenformaten	244
Abbildung 58:	Zunehmende Standardisierung der Datenformate	245
Abbildung 59:	Wirkungsanalyse und Gewichtung mittels Software .	247
Abbildung 60:	LCA in Umweltberichten der Fortune Global 100.....	255
Abbildung 61:	LCA in der Elektronikindustrie nordischer Länder	256
Abbildung 62:	Umweltkompetenz in der Elektronikindustrie.....	257
Abbildung 63:	LCA-Aktivitäten kotierter Firmen in J & SK.....	258
Abbildung 64:	Einstellungen von UMS & LCA Verantwortlichen	259
Abbildung 65:	Verbreitung von LCA in UK, D, H, CH.....	262
Abbildung 66:	Durch UMS ausgelöste Ökobilanz-Aktivitäten.....	263
Abbildung 67:	Einschätzung des zukünftigen Einsatzes	265
Abbildung 68:	Beurteilung von LCA im Rahmen des UMS.....	267
Abbildung 69:	Verbreitung von LCA in CH, D, I, S.....	268
Abbildung 70:	Anwendungsbereiche von Produktökobilanzen	269
Abbildung 71:	Führen LCAs zu überraschenden Erkenntnissen?	270
Abbildung 72:	Ökologische Ansprüche der stakeholder	277
Abbildung 73:	Einsatz von Stoff- und Energiebilanzen	278
Abbildung 74:	Einfluss von ISO Normen auf die Praxis	279
Abbildung 75:	Einsatz und Beurteilung diverser Bilanzierungsarten	281
Abbildung 76:	Methoden nach Zeitpunkt der Zertifizierung.....	283
Abbildung 77:	Eingesetzte Hilfsmittel zur Bilanzierung.....	285
Abbildung 78:	Elemente in erweiterten Systemgrenzen.....	286
Abbildung 79:	Beurteilung des Nutzens erweiterter Systemgrenzen.....	287
Abbildung 80:	Erfasste und ausgewertete Output-Indikatoren	288

Abbildung 81: Ausgewertete Output-Indikatoren nach Methodik	289
Abbildung 82: Zweck unternehmensbezogener Bilanzen	290
Abbildung 83: Nutzung der Bilanzen in den Funktionsbereichen.....	291
Abbildung 84: Institutionalisierungsgrad von Betriebsökobilanzen ..	292
Abbildung 85: Zusammenhang: Institutionalisierung und Wirkung ..	294
Abbildung 86: Beurteilung kritischer Aspekte der Bilanzierung	296
Abbildung 87: Produktökobilanzen nach Branchen	297
Abbildung 88: Umfang der Produktökobilanzierung	298
Abbildung 89: Interne und externe Erstellung.....	299
Abbildung 90: Zweck von Produktökobilanzen	300
Abbildung 92: Institutionalisierungsgrad von LCA	301
Abbildung 93: Beurteilung kritischer Aspekte von LCA	302
Abbildung 94: Einsatz der verbal-argumentativen Beurteilung	304
Abbildung 95: Einsatz von Wirkungskategorien.....	305
Abbildung 96: Einsatz von Standard-Gewichtungsmethoden	307
Abbildung 97: Beurteilung der Gewichtung.....	308
Abbildung 98: Instanzen zur Festlegung der Gewichtung	310
Abbildung 99: Erfassung des Aufwands zur Bilanzierung.....	310
Abbildung 100: Jährliche Ausgaben für Betriebsökobilanzen	311
Abbildung 101: Jährlicher Gesamtaufwand für Betriebsökobilanzen..	311
Abbildung 102: Kosten-Nutzen-Beurteilung.....	312
Abbildung 103: Wirkung im Unternehmen	313
Abbildung 104: Erwartete Entwicklung der Aktivitäten	313
Abbildung 105: Meilensteine & Phasen des Projekts Ökobilanz.....	319