



M. von Hauff / R. Isenmann  
G. Müller-Christ (Hrsg.)

# **Industrial Ecology Management**

Nachhaltige Entwicklung  
durch Unternehmensverbände



Springer Gabler

LEHRBUCH

---

# Industrial Ecology Management

---

Michael von Hauff · Ralf Isenmann  
Georg Müller-Christ

# Industrial Ecology Management

Nachhaltige Entwicklung  
durch Unternehmensverbände



Springer Gabler

*Herausgeber*

Michael von Hauff  
TU Kaiserslautern  
Deutschland

Georg Müller-Christ  
Universität Bremen  
Deutschland

Ralf Isenmann  
Fraunhofer ISI  
Karlsruhe, Deutschland

ISBN 978-3-8349-2361-5  
DOI 10.1007/978-3-8349-6638-4

ISBN 978-3-8349-6638-4 (eBook)

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

Springer Gabler

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Einbandentwurf:* KünkelLopka GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Gabler ist eine Marke von Springer DE.

Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer-gabler.de](http://www.springer-gabler.de)

# Erstes Geleitwort

As the scale and density of economic activity increase globally, the concentration of natural resources on which those activities rest continues to decline. Once localized copper ores are now found on soils and in oceans; lead from mines is making it into our blood streams; carbon builds up in the atmosphere; bromines begin to bio-accumulate in the organs of fish and the breast milk of mothers.

Ever more sophisticated product and process design, fine-tuned supply chains and extensive business-to-business relations may help capture and retain resources within the anthropocene. Indeed, closing material cycles, reducing the generation and release of waste heat, and limiting negative impacts on biological waste assimilation processes may be seen as preconditions for the sustainability of the human enterprise, given the finite resource base on which we rely.

Industrial Ecology Science helps understand the relationships between the natural resource base and human activity, with a focus on the role that businesses and consumers have in shaping those relationships. It quantifies impacts, explores options, and provides a foundation for improved economic and environmental performance. However, improvements are usually accompanied by new challenges for information management, investment decisions, contractual relations, and policy. That much is known. Little, in contrast, is known on how to move from the insights generated by research on the flows of materials and energy through the economy and research on actual and potential symbiotic relationships among firms to ways that shape industrial organization and action such that they best reflect advancements in Industrial Ecology Science.

The chapters presented in this book offer important steps towards closing the gap between Industrial Ecology Science and Management, and by doing so may offer a move closer to sustainable resource use. As that gap closes, new practical experiences can, no doubt, be gained. Those experiences, in turn, will then provide fertile ground from which to derive data and models, develop theories and further fine-tune the translation of science into action, thus creating new symbiotic relationships between science and management in support of symbiotic relationships among firms and, more broadly, between the human enterprise and the ecosystem within which it operates.

Prof. Dr. Matthias Ruth

Roy F. Weston Chair in Natural Economics Professor and Director, Center for Integrative Environmental Research Co-Director, Engineering and Public Policy University of Maryland, College Park, USA

## Zweites Geleitwort

When addressing the ecological consequences of production and consumption in industrial societies, managers, policymakers, and researchers have come to realize that the pathway to more sustainable societies requires the adoption of a perspective that is broader than the individual firm. For many years, the individual firm has been the focus of regulators and activists, which initially has produced considerable results in cleaning up their activities. Since the 1980s, practices such as environmental management systems (EMS) have helped to reduce the negative impact of firms on natural ecologies, just as more efficient production processes, under the banner of eco-efficiency, have counteracted the increased use of resources. But when adopted within the boundaries of the single firm, they not only have a limited effect, but may also have countervailing effects in other stages of the product chain, as in the case of rebound effects. In addition, sustainable systems of production and consumption may require more radical innovations that cannot be realized by single firms.

As a result of these shortcomings, the single firm perspective is increasingly abandoned for an approach in which groups of firms are taken as the system to be improved. Concepts such as sustainable supply chain management focus on sets of firms that are sequentially connected across stages of the product life cycle, while regional clusters consist of firms that are geographically proximate. Both system boundaries have great potential in providing the background for more innovative ways to move towards sustainability.

For this reason, the field of industrial ecology is promising, as it has shown in the last twenty years to put forward a powerful systemic and interdisciplinary perspective on industrial production and consumption. By combining the analysis of material and energy flows of regional industrial clusters and product chains with insight into the social systems that produce these flows, industrial ecology as a scientific field potentially offers a basis for policymakers and managers that seek to make these systems more sustainable.

However, this potential is not yet fully realized. To make this happen, further advances in scientific insight are required, especially in understanding how the interplay among firms results in more sustainable practices. In addition, such scientific insight needs to be translated and made available to managers in such a way that they can use it as a basis for action.

The book that you are now holding contributes to both of these requirements. First, it brings together the state of the art on industrial ecology science (much of which is published in English), and as an important benefit, connects this to recent insights of the German speaking and publishing community. Secondly, the book provides a systematic development of the concept of industrial ecology management. I especially recommend the discussion in various chapters about the way in which industrial ecology relates to sustainable development. It is important that this academic discussion is brought to the place where it can actually make a difference: that of corporate decision rooms.

I believe that this book provides a solid basis for the further development of the research and practice of industrial ecology, both in Germany and the rest of the world.

Prof. Dr. Frank Boons

Department of Public Administration, Erasmus University Rotterdam, and Director Off-Campus Ph. D. Program, Cleaner Production, Cleaner Products, Industrial Ecology and Sustainability

# Inhalt

Geleitwort von Matthias Ruth ..... 5

Geleitwort von Frank Boons ..... 7

Teil I: Konzeptionelle Einbettung eines Industrial Ecology Managements..... 15

*Ralf Isenmann, Georg Müller-Christ und Michael von Hauff*

**1 Einführung zum Industrial Ecology Management ..... 17**

1.1 Rückschau: Rezeption der Industrial Ecology in Deutschland..... 17

1.2 Einführung: Grundfragen eines Industrial Ecology Managements ..... 20

1.3 Übersetzung: Von der Industrial Ecology Science zum Industrial Ecology Management ..... 21

1.4 Aufbau und Inhalt des Buches..... 22

1.5 Ausblick anstatt Fazit ..... 29

Literatur ..... 29

*Michael von Hauff*

**2 Von der Ökologischen Ökonomie zur Industrial Ecology Science ..... 31**

2.1 Einführung in die Industrial Ecology Science ..... 31

2.2 Begründung der Industrial Ecology im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ..... 34

2.3 Handlungsregeln als Bedingung für ein gesamtwirtschaftliches Umweltmanagement ..... 36

2.4 Das Zustandekommen umweltpolitischer Entscheidungen ..... 38

2.5 Fazit..... 40

Literatur ..... 41

*Ralf Isenmann*

**3 Von der Industrial Ecology Science zum Industrial Ecology Management ..... 43**

3.1 Einführung ..... 43

3.2 Ansatzpunkte aus der Industrial Ecology Community ..... 44

3.3 Industrial Ecology Management – Annäherung inspiriert am Vorbild Natur..... 46

3.4 Fazit..... 54

Literatur ..... 55

*Georg Müller-Christ*

**4 Vom Industrial Ecology Management zur Entwicklung nachhaltiger Gewerbegebiete ..... 57**

4.1 Einführung in das Industrial Ecology Management? ..... 57

4.2 Vom Eco-Industrial Park zur Nachhaltigkeit von Gewerbegebieten ..... 58

4.3 Anforderungen an nachhaltige Gewerbegebiete ..... 63

4.4 Entscheidungsprozesse für nachhaltige Gewerbegebiete ..... 68

4.5 Fazit: Management widersprüchlicher Entscheidungsprozesse ..... 72

Literatur ..... 74

*Stefan Gößling-Reisemann und Arnim von Gleich*

<b>5</b>	<b>Verbindungen zwischen Industrial Ecology und Systems of Provision</b> .....	<b>75</b>
5.1	Einführung.....	75
5.2	Industrial Ecology und nachhaltiger Konsum: Stoffflüsse ohne Akteure.....	75
5.3	Systems of Provision: Akteure ohne Stoffflüsse.....	80
5.4	Annäherungen von Systems of Provision und Industrial Ecology .....	84
5.5	Fazit.....	88
	Literatur.....	89

*Ines Weller*

<b>6</b>	<b>Industrial Ecology und die Forschung zu nachhaltigem Konsum</b> .....	<b>93</b>
6.1	Einführung.....	93
6.2	Ökologische Bilanzierung und Gewichtung unterschiedlicher Konsum- bereiche und Life Cycle Phasen .....	94
6.3	Soziale Ausdifferenzierung von Alltagsroutinen und Konsumpraxen: Folgen für die Bestimmung von Umweltwirkungen und Ressourcenverbräuchen.....	96
6.4	Einbindung von Konsumpraxen in Systems of Provision und ihre Folgen für konsumbezogene Umweltwirkungen .....	100
6.5	Industrial Ecology: Quantitative Zielvorgaben für nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster .....	103
6.6	Fazit.....	104
	Literatur.....	105

**Teil II: Ausgewählte Managementaspekte einer Industrial Ecology ..... 109**

*Michael von Hauff*

<b>7</b>	<b>Anforderungen an nachhaltige Gewerbegebiete</b> .....	<b>111</b>
7.1	Einführung in die Nachhaltige Entwicklung.....	111
7.2	Theoretische Begründung eines nachhaltigen Gewerbegebietes .....	112
7.3	Fallbeispiel: Entwicklung eines nachhaltigen Gewerbegebietes .....	114
7.4	Fazit.....	120
	Literatur.....	120

*Hans Schnitzer*

<b>8</b>	<b>Zero Emissions</b> .....	<b>123</b>
8.1	Einführung.....	123
8.2	Grundlagen.....	127
8.3	Systemebenen für Zero Emissions Ansätze .....	130
8.4	Methodischer Zugang .....	138
8.5	Fazit.....	140
	Literatur.....	140

*Christoph Bey*

<b>9</b>	<b>Eco-industrielle Parks als strategische Allianzen – wie gut passen die Partner zusammen?.....</b>	<b>143</b>
9.1	Einführung.....	143
9.2	Kalundborg: der weltweit erste eco-industrielle Park .....	144
9.3	Der „strategische Allianzen-Pass“: ein Instrument zur Bewertung der Effektivität von strategischen Allianzen .....	147
9.4	Eco-industrielle Parks und der „strategische Allianzen-Pass“: erste Ergebnisse.....	149
	Literatur.....	151

*Georg Müller-Christ*

<b>10</b>	<b>Dilemmata in Nachhaltigkeitskooperationen: Empfehlungen an die Moderation .....</b>	<b>153</b>
10.1	Einführung: Das Besondere an Kooperationen für Nachhaltigkeit .....	153
10.2	Die dreifach geschachtelte Widersprüchlichkeit von Nachhaltigkeitsnetzwerken.....	154
10.3	Netzwerkmoderation bei dreifach geschachtelter Widersprüchlichkeit.....	160
	Literatur.....	171

*Anna Katharina Liebscher*

<b>11</b>	<b>Geschäftsmodelle für das Management nachhaltiger Gewerbegebiete.....</b>	<b>173</b>
11.1	Einführung: Nachhaltigkeit im Gewerbegebiet .....	173
11.2	Aufgaben und Herausforderungen der Kooperation im nachhaltigen Gewerbegebiet.....	173
11.3	Geschäftsmodelle für nachhaltige Gewerbegebiete.....	177
11.4	Sonderförderung.....	184
11.5	Fazit.....	184
	Literatur.....	185

*Jürgen Freimann und Michael Walther*

<b>12</b>	<b>Von der Effizienz zur Konsistenz?.....</b>	<b>187</b>
12.1	Einführung.....	187
12.2	Natürliche, soziale und technische Systeme .....	189
12.3	Akteure, Unternehmen, Netzwerke.....	191
12.4	Typen nachhaltigkeitsorientierter Unternehmensnetzwerke .....	194
12.5	Empirische Befunde zu Verwertungsnetzwerken .....	196
12.6	Lernen in nachhaltigkeitsorientierten Unternehmensnetzwerken.....	198
12.7	Fazit.....	199
	Literatur.....	202

*Alfred Posch*

<b>13</b>	<b>Zwischenbetriebliche Recyclingnetzwerke aus entscheidungstheoretischer Perspektive .....</b>	<b>205</b>
13.1	Einführung .....	205
13.2	Recycling als charakterisierendes Merkmal der Kreislaufwirtschaft.....	206
13.3	Entscheidungstheoretische Erklärungsansätze .....	208
13.4	Fazit.....	215
	Literatur.....	217

*Thomas Göllinger*

<b>14</b>	<b>Interindustrielle Energieverbünde.....</b>	<b>219</b>
14.1	Einführung .....	219
14.2	Pfadwechsel beim Energiesystem .....	220
14.3	Interindustrielles Energiesystem-Management .....	223
14.4	Organisatorische Innovation - der Synergie-Ansatz .....	233
	Literatur.....	238

*Mario Schmidt*

<b>15</b>	<b>Material Flow Cost Accounting in der produzierenden Industrie .....</b>	<b>241</b>
15.1	Einführung .....	241
15.2	Reststoffkostenrechnung, Flusskostenrechnung und andere .....	245
15.3	Von Material Flow Cost Accounting in Japan zur ISO-Norm 14051 .....	250
15.4	Fazit.....	253
	Literatur.....	254

*Mario Schmidt*

<b>16</b>	<b>Visualisierung von Energie- und Stoffströmen.....</b>	<b>257</b>
16.1	Einführung .....	257
16.2	Erste Darstellungen in der Industrial Ecology .....	258
16.3	Das Sankey-Diagramm — historischer Exkurs .....	263
16.4	Anforderungen an Sankey-Diagramme .....	265
16.5	Varianten des Sankey-Diagramms.....	266
16.6	Fazit.....	270
	Literatur.....	271

**Teil III: Beispiele eines praktischen Industrial Ecology Managements..... 273***Klaus Helling*

<b>17</b>	<b>Zero-Emission-Strategien für Kommunen — Praxisbeispiel Zero-Emission-Village Weilerbach .....</b>	<b>275</b>
17.1	Einführung .....	275
17.2	Konzeptionelle Grundlagen .....	276
17.3	Zero-Emission-Village Weilerbach.....	284
17.4	Fazit.....	289
	Literatur.....	290

*Peter Deininger*

<b>18</b>	<b>Ökoparks – Erfahrungen aus der Öffentlichkeitsarbeit im Umweltforum Münster.....</b>	<b>293</b>
18.1	Zur Einrichtung und zur Arbeit des Umweltforum Münster e.V.....	293
18.2	Wandel der Themenschwerpunkte.....	293
18.3	Verschiebung der energiepolitischen Diskussion – Von Klimaschutzkonzepten zu Energieparks .....	294
18.4	Von energetischen zu stofflichen Kreisläufen – vom Energiepark zum Ökopark.....	295
18.5	Weltweites Wirtschaftswachstum und die Ressourcenknappheit – von der Ökoeffizienz zur Cradle-to-Cradle-Produktion .....	296
18.6	Fazit: Von Ökoparks zur Cradle-to-Cradle-Produktion? .....	297
	Literatur.....	298

*Hans-Wolf Zirkwitz, Raino Winkler und Holger Keller*

<b>19</b>	<b>Nachhaltigkeitsmanagement für KMU in Heidelberg – Nachhaltiges Wirtschaften .....</b>	<b>299</b>
19.1	Einführung in das Projekt „Nachhaltiges Wirtschaften“ .....	299
19.2	Geschichte des Projektes „Nachhaltiges Wirtschaften“ .....	300
19.3	Zielvorgaben des Projektes „Nachhaltiges Wirtschaften“ .....	303
19.4	Konzeption des Projektes „Nachhaltiges Wirtschaften“ .....	303
19.5	Bilanzierung der Projektergebnisse.....	309
19.6	Weitere Projekterfolge.....	312
19.7	Soziale Aspekte einer nachhaltigen Wirtschaftsweise .....	313
19.8	Fazit.....	313
	Literatur.....	314

*Elke Perl-Vorbach und Stefan Vorbach*

<b>20</b>	<b>Ökoinformationssystem Mödling: Analyse einer industriellen Symbiose....</b>	<b>315</b>
20.1	Einführung.....	315
20.2	Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes.....	316
20.3	Entwicklung von Ökoinformationssystemen .....	318
20.4	Das Ökoinformationssystem Mödling.....	324
20.5	Fazit.....	331
	Literatur.....	332

<b>Autorenverzeichnis .....</b>	<b>337</b>
---------------------------------	------------

**Teil I:**

**Konzeptionelle Einbettung eines**

**Industrial Ecology Managements**

# 1 Einführung zum Industrial Ecology Management

Ralf Isenmann, Georg Müller-Christ und Michael von Hauff

## 1.1 Rückschau: Rezeption der Industrial Ecology in Deutschland

Rund fünf Jahre sind vergangen seit der Vorläufer: „Industrial Ecology: Mit Ökologie zukunftsorientiert wirtschaften“ (Isenmann und von Hauff 2007) erschienen ist. Es war seinerzeit das erste deutschsprachige Buch, das sich explizit und umfassend der Industrial Ecology widmet und den Namen dieses neuen Forschungs- und Handlungsfeldes im Titel trägt. Wenig später wurde das einführende Erstlingswerk ergänzt und die Industrial Ecology aus einer ingenieurwissenschaftlichen Perspektive beleuchtet (von Gleich und Gößling-Reisemann 2008). In den zurückliegenden fünf Jahren hat die Industrial Ecology im deutschsprachigen Raum eine durchaus dynamische Entwicklung genommen und auch Resonanz erzeugt. Dies zeigt sich etwa an Querverweisen, in denen ihr bereits ein Platz in den Umwelt- und Nachhaltigkeitswissenschaften zugeordnet wird (z.B. Rogall 2009, 134; Seifert 2007; IdW 2007), sowie an anregenden Besprechungen des Vorläuferbuches aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven (z.B. Poganietz 2008; Simonis 2008; Seifert 2007; Gnauck 2007).

Auch in der Forschungslandschaft hat die Industrial Ecology Spuren hinterlassen: So bündeln sich in ihr wie in einem Brennglas viele Impulse zur Forschungsperspektive „ProduzierenKonsumieren2.0“, wie sie im Foresight-Prozess im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) als ein Zukunftsfeld neuen Zuschnitts identifiziert wurde (Fraunhofer ISI und Fraunhofer IAO 2009): Im BMBF-Foresight-Prozess war es die Aufgabe, langfristig relevante, durchaus quer liegende Forschungsgebiete zu identifizieren, die zur Lebensqualität der Menschen und zur wirksamen Ressourcenschonung insgesamt beitragen.

Als Ergebnis der aufwändigen methodischen Vorgehensweise stellte sich heraus, dass Zukunftsthemen in verschiedenen Innovationsfeldern mit hoher Relevanz für Deutschland auf die Herausbildung neuer Muster im Produzieren und Konsumieren verweisen. Der damit angedeutete systemische Wandel sei bislang allerdings in keinem der aktuell etablierten Forschungsgebiete alleine adäquat repräsentiert: So zielt die Umweltforschung schwerpunktmäßig auf ressourceneffiziente Verfahren, die Produktionsforschung widmet sich verstärkt der „Fabrik der Zukunft“, die Dienstleistungsforschung orientiert sich vor allem an hybrider Wertschöpfung, und die sozialökologische Forschung adressiert insbesondere nachhaltige Konsummuster. Ein zukunftsfähiger Pfad erfordere jedoch mehr als wichtige Einzelforschungsgebiete, nämlich einen systemischen Wandel heutiger Stoffstrommuster, der Produktion und Konsum umfasse. Die Forschungsperspektive „Produ-

zierenKonsumieren2.0“ richtet sich nun auf einen solchen systemischen Wandel von Mustern von Produzieren und Konsumieren.

Zu den Kernmerkmalen des Zukunftsfelds „ProduzierenKonsumieren2.0“ zählen (Fraunhofer ISI 2011): eine systemische Perspektive, die verschiedene Fachgebiete und Wissenschaftsdisziplinen übergreift, eine problemorientierte, auf Systeminnovationen ausgerichtete Herangehensweise, die durchgängig zusammenführende Betrachtung von Produktion und Konsum, die explizite Ausrichtung auf eine Verbesserung der Nachhaltigkeit einschließlich der damit einhergehenden Transitionen, wobei technischer Wandel i.S.v. Effizienz und kultureller Wandel i.S.v. Suffizienz zusammenspielen. Alle diese Kernmerkmale des Zukunftsfelds „ProduzierenKonsumieren2.0“ sind konstitutive Bestandteile der Industrial Ecology. Die Industrial Ecology dürfte insofern geeignet sein, den Strukturbildungsprozess beim Zukunftsfeld „ProduzierenKonsumieren2.0“ zu unterstützen und darüber hinaus dessen fachliche Anschlussfähigkeit zu sichern.

Denn was die Industrial Ecology u.a. auszeichnet, ist ihre hohe Anschluss- und Integrationsfähigkeit. Sie begünstigt, dass vormals vielfach eigenständige Forschungsbereiche wie z.B. Lebenszyklusanalysen (Life Cycle Assessment), Material- und Energieflussanalysen (Material Flow Analysis) sowie auch umfangreiche branchenweite und länderübergreifende Untersuchungen zum industriellen Metabolismus (Industrial Metabolism) und zu dynamischen System-Modellierungen (System Dynamics, Dynamic Modeling) unter dem gemeinsamen konzeptionellen Dach der Industrial Ecology zusammenfinden bzw. ihr thematisch-methodisch zugeordnet werden (Isenmann und von Hauff 2007; Isenmann 2008).

Neben der erfreulichen Resonanz in der Literatur haben sich die Ausbildungsmöglichkeiten verbessert, und die akademische Infrastruktur wurde ausgebaut. Die Bestandsaufnahme zur Industrial Ecology in der Hochschulausbildung (<http://www.is4ie.org/education>) macht zwar deutlich, dass die Angebote in der Universitätsausbildung im angloamerikanischen Raum deutlich stärker verankert sind als in Europa. Die Industrial Ecology hat sich in Deutschland noch nicht in Form eigenständiger Studiengänge etabliert, allenfalls bieten Universitäten und Hochschulen Module und Kurse (Leal 2007, 2002) an. Allerdings mehrten sich die Aktivitäten deutlich. So gibt es z.B. Lehrveranstaltungen explizit zur Industrial Ecology an den Universitäten in Bremen, Braunschweig, Kassel, Kaiserslautern sowie darüber hinaus an den Hochschulen in Bremerhaven und Pforzheim wie auch am Umweltcampus Birkenfeld der Hochschule Trier, ferner eine Kooperation an der TU München mit der Nanyang Technical University, Singapur. Zuweilen sind Lehrveranstaltungen mit inhaltlichen Überschneidungen zur Industrial Ecology anders betitelt, z.B. als Ressourceneffizienzmanagement. Dessen ungeachtet ist für die Zukunft gerade auch für Deutschland ein großes Potenzial zu erwarten (Bringezu 2004), dass sich die Industrial Ecology zu einem wichtigen Aufgabenfeld für Umwelt- und Nachhaltigkeitswissenschaftler entwickeln mag. Ein Grund hierfür liegt sicherlich in der Anschlussfähigkeit an die Nachhaltigkeitsforschung, sei sie ökologisch, technisch oder managementorientiert ausgerichtet.