



# Industrial Ecology und Nachhaltigkeit

## Episode 2: Historische Entwicklung und Umsetzungsbeispiele

Prof. Dr. habil. Ralf Isenmann  
Fachgebiet Nachhaltiges Zukunftsmanagement  
Hochschule München

 Universität Bremen

**ZMML**  
Zentrum für Multimedia  
in der Lehre

**DBU** 

Deutsche Bundesstiftung Umwelt





# Übersicht der Lerneinheit

Episode 1:

Forschungslandschaft

**Episode 2:**

**Historische Entwicklung und Umsetzungs-  
beispiele**

Episode 3:

Interview



## Lernziele dieser Episode

### **Lernziel 1:**

Sie können die Schritte zur Entwicklung der IE nachvollziehen.

### **Lernziel 2:**

Sie können die Prinzipien der IE zur Gestaltung nachhaltiger industrieller Systeme anwenden.

### **Lernziel 3:**

Sie können die Reichweite des Ansatzes in der IE für eine nachhaltige Entwicklung einschätzen und begründen.



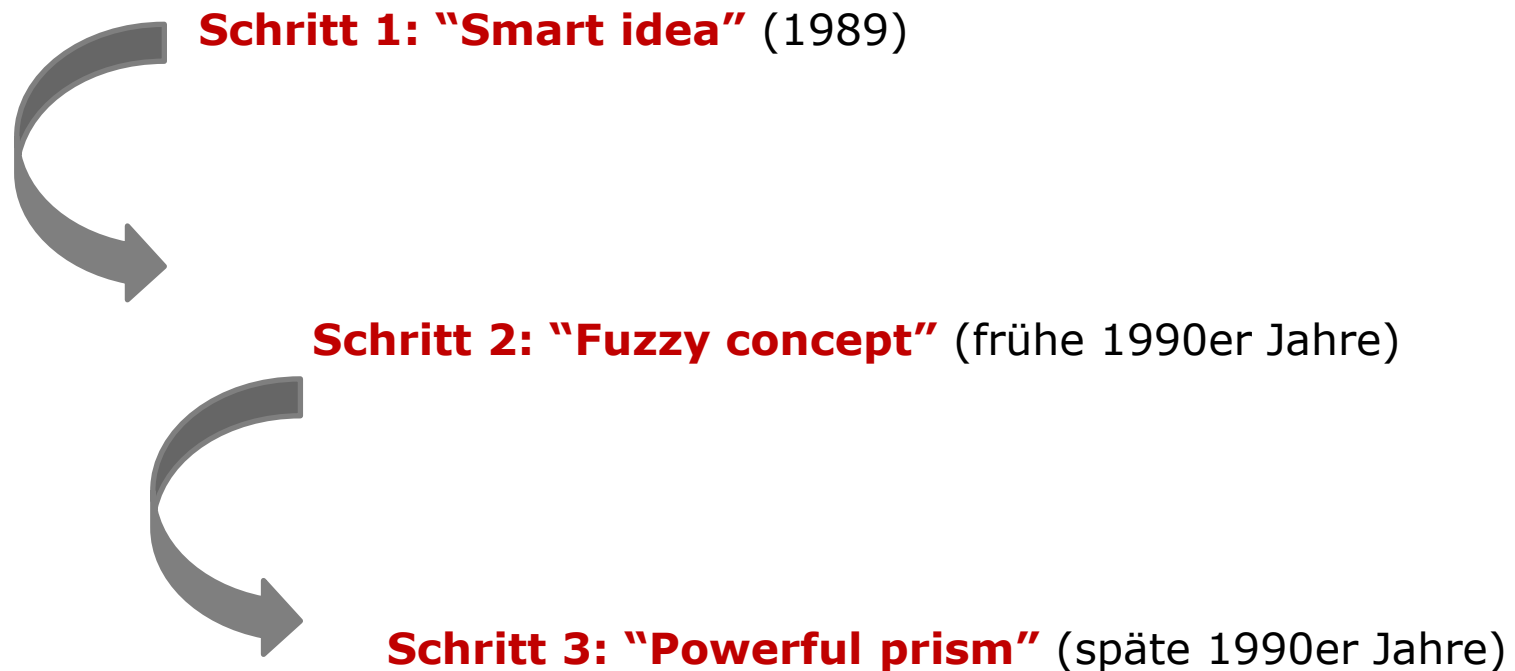
# Gliederung

- **Historische Entwicklung der Industrial Ecology**
- Umsetzungsbeispiele



# Entwicklungsschritte der Industrial Ecology

Die (noch junge) Historie zur Industrial Ecology lässt sich anhand dreier Entwicklungsschritte beschreiben.

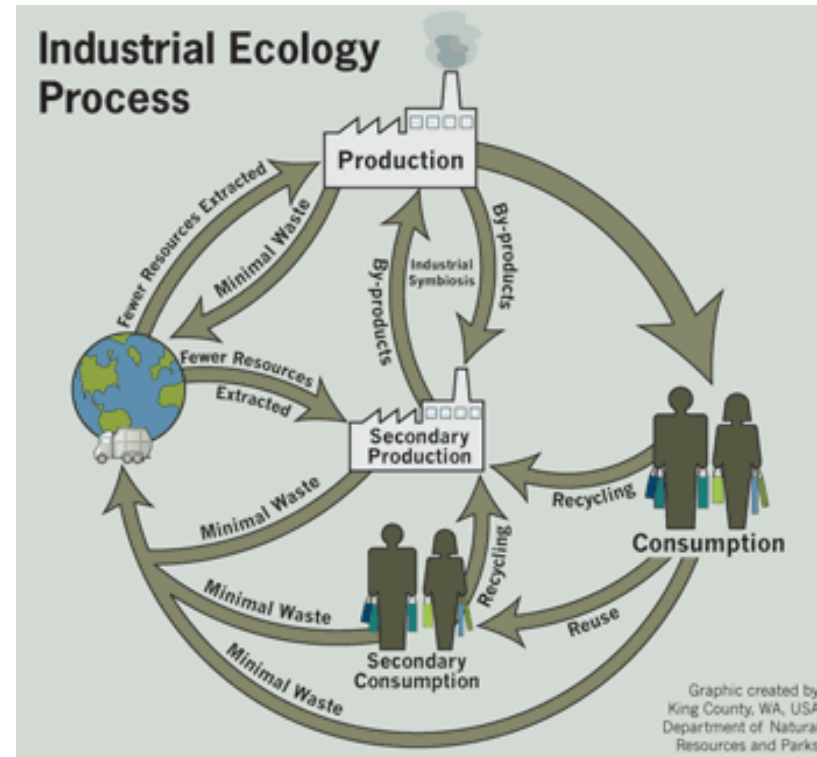




# Entwicklungsschritt 1

Der Begriff "Industrial Ecology" geht zurück auf einen initialen Beitrag von Frosch und Gallopoulos (1989).

- **(Schritt 1) "Smart idea" im Jahr 1989:**  
Robert Frosch und Nicholas Gallopoulos veröffentlichten den Beitrag: "Strategies for Manufacturing" in Scientific American.
  - Notwendigkeit für eine industrielle Kreislaufwirtschaft, in der Einsatz von Stoffen und Energien optimiert und Abfälle auf ein Mindestmaß verringert sind und wo alle Zwischenprodukte bei der Herstellung weiter verwendet werden.

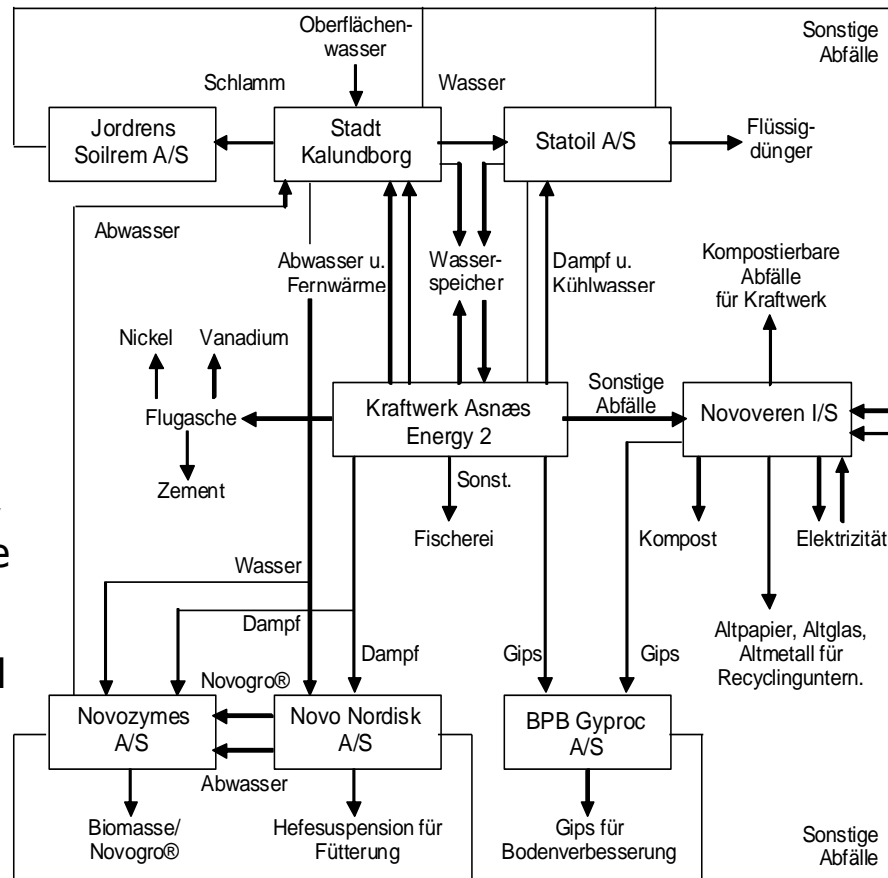




# Beispiel einer zirkulären „industriellen Symbiose“

Als anschauliches und vorbildhaftes Beispiel einer zirkulären „industriellen Symbiose“ gilt Kalundborg (Dänemark).

- „Cyclical no waste economy“ (Roundput) anstatt einer linearen Durchflusswirtschaft (Input, Throughput, Output)
- Das industrielle System als ein natürliches Ökosystem betrachten, in dem Abfälle wieder als Rohstoffe dienen („wastes as food“)
- „Industrial food chains“, „industrial symbiosis“, „eco industrial parks“
- Zyklische/kaskadenförmige Nutzung von: (1) Wasser, (2) Energie, (3) Stoffen und Abfällen



Quelle: Posch und Perl (2007)



## Entwicklungsschritt 2

Die ersten Arbeiten zur Industrial Ecology in den frühen 1990er Jahren bildeten noch keine abgestimmte konzeptionelle Grundlage.

- **(Schritt 2) "Fuzzy concept" in den frühen 1990er Jahren:**  
Der bahnbrechende Beitrag article von Frosch und Gallopoulos war Auslöser für ein Symposium der US National Academy of Sciences.
  - The concept envisioned a more integrated model of industrial activity that would be environmentally sustainable on a global level.
  - The focus is to "understand how the industrial system works, how it is regulated, and its interaction with the biosphere; then, on the basis of what we know about ecosystems, to determine how it could be restructured to make it compatible with the way natural ecosystems function."





# Nachhaltigkeit in der Industrial Ecology

Heute hat sich Industrial Ecology zu einem vielversprechenden Handlungs- und Forschungsfeld entwickelt, Zielrichtung: Nachhaltigkeit.

- **(Schritt 3): „powerful prism“ ab den späten 1990er Jahren:**

Der Fokus liegt darin, die **Auswirkungen unseres Industriesystems** auf die Natur zu untersuchen.

- IE examines **local, regional** and **global** uses and flows of materials and energy **in products, processes, industrial sectors** and economies and focuses on the potential role of industry in reducing environmental burdens throughout the product life cycle.
- IE includes a number of **research areas**:
  - material and energy flow studies (MFA, „industrial metabolism“)
  - life-cycle analysis (LCA)
  - design for the environment („eco-design“)
  - extended producer responsibility („product stewardship“)
  - eco-industrial parks („industrial symbiosis“).

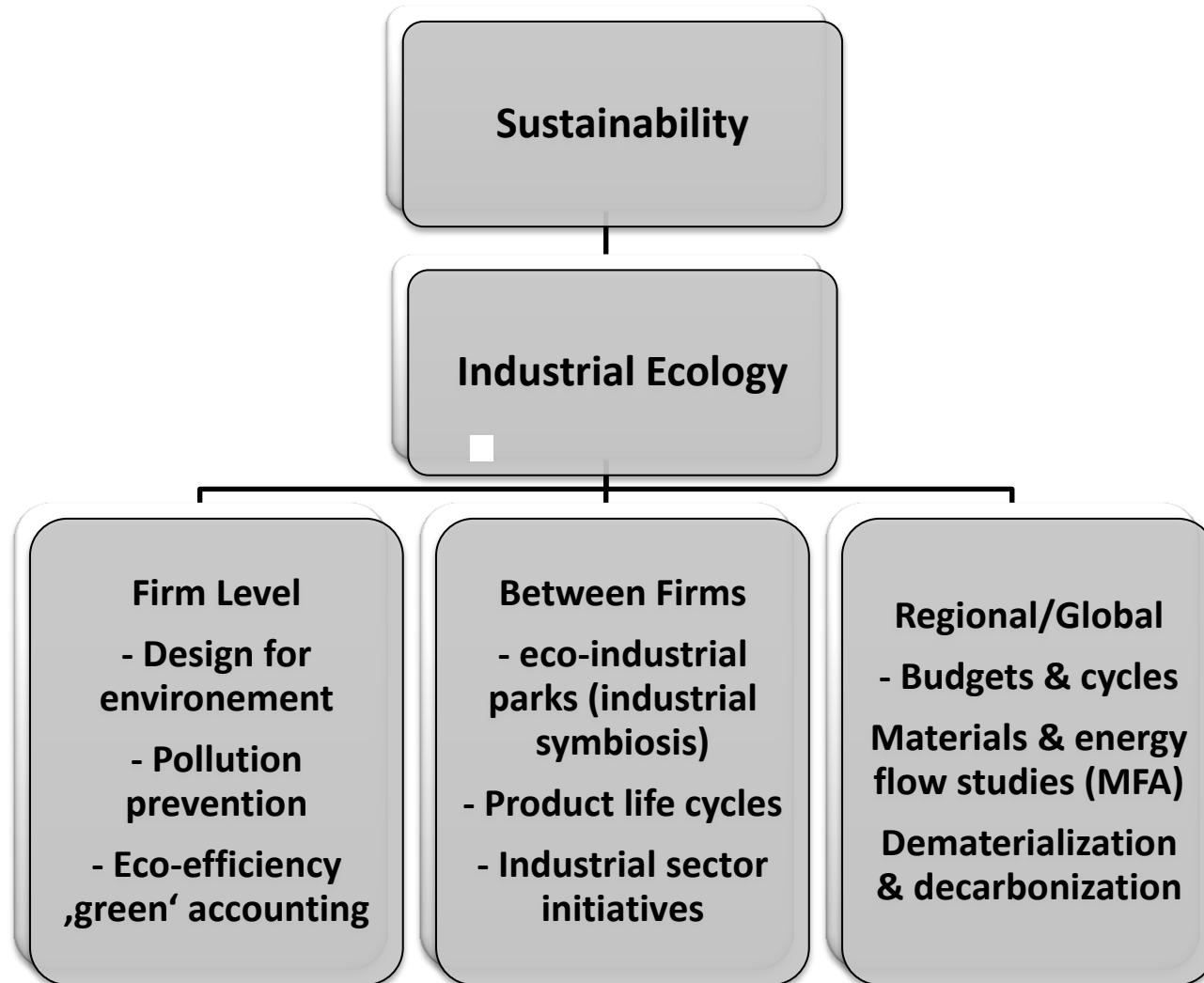


# Gliederung

- Historische Entwicklung der Industrial Ecology
- **Umsetzungsbeispiele**



# The Scope of Industrial Ecology



Quelle: The scope of Industrial Ecology illustrated according to Lifset and Graedel (2002)



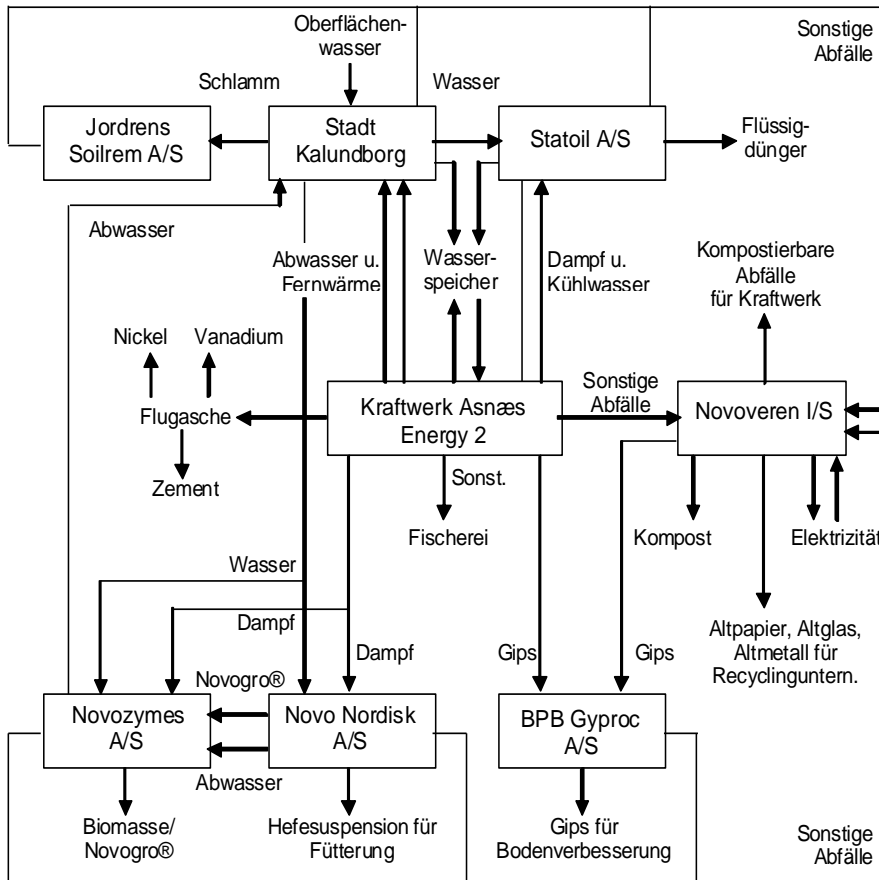
# Industrial Symbiosis in Industrial Ecology

Developing industrial symbiosis projects is a big issue in Industrial Ecology.

- IS ... “**collective approach** to competitive advantage involving **physical exchange** of materials, energy, water, and by-products. The keys ... are **collaboration** and the synergistic possibilities offered by **geographic proximity**” (Chertow (2000))
- Industrial symbiosis could be described as:
  - certain type of eco-industrial development (application of IE)
  - open for economic entities from different sectors while using the entities’ diversity within the industrial system in a productive manner
  - system of economic entities - voluntarily built – and of structured co-operation which
    - has a common vision of sustainability
    - **shares resources**, i.e. information, services, utilities and by-products
    - with the aim to add value, reduce costs and improve performance in terms of sustainability both, **at corporate and system level**
    - *but also **accepts conflicts/different interests** and hence undertakes negotiations to deal with **trade-offs/dilemmas***

Quelle: Müller-Christ und Isenmann (2009)

# The Example of Kalundborg



The most famous example is the industrial symbiosis in Kalundborg (Denmark).

- **Goal:** Development of a “cyclical no waste economy” (roundput) instead of linear throughput economy (input, process, output)
- **Organisational forms and labels:** “industrial food chains”, “industrial symbiosis projects”, “eco industrial parks”, “zero emission parks”, “regional recycling networks”, “local supply chains” etc.
- **Principle:** Cyclical use and exchange of: natural resources, materials and waste etc.

Quelle: Posch und Perl (2007)



# The History of the Kalundborg Industrial Symbiosis

As a matter of fact, Industrial Ecology is already more than a nice theoretical idea: the **Industrial Symbiosis**, which has evolved during the last three decades in the small city of Kalundborg, in Denmark, offers the best evidence that such an approach can be very practical and economically viable. Kalundborg, located 130 km west of Copenhagen, can be seen as a successful example of an industrial complex minimizing pollution and optimizing the use of various resources. Before addressing the specific issues of developing countries, a short discussion of the Kalundborg Symbiosis would be useful.

The history of Kalundborg really began in 1961, with a project to use surface water from Lake Tissø for a new oil refinery in order to save the limited supplies of groundwater. The city of Kalundborg took the responsibility for building the pipeline while the refinery financed it. Starting from this initial collaboration, a number of other collaborative projects were subsequently introduced and the number of partners gradually increased. By the end of the 1980s, the partners realized that they had effectively **self-organized** into what is probably the best-known example of a working industrial ecosystem, or to use their term—an *industrial symbiosis* [12].

Quelle: Erkman (2003)



# Kalundborg - Die Stoffströme

Über 32 bi- oder trilaterale geschäftliche Abkommen (Projekte)

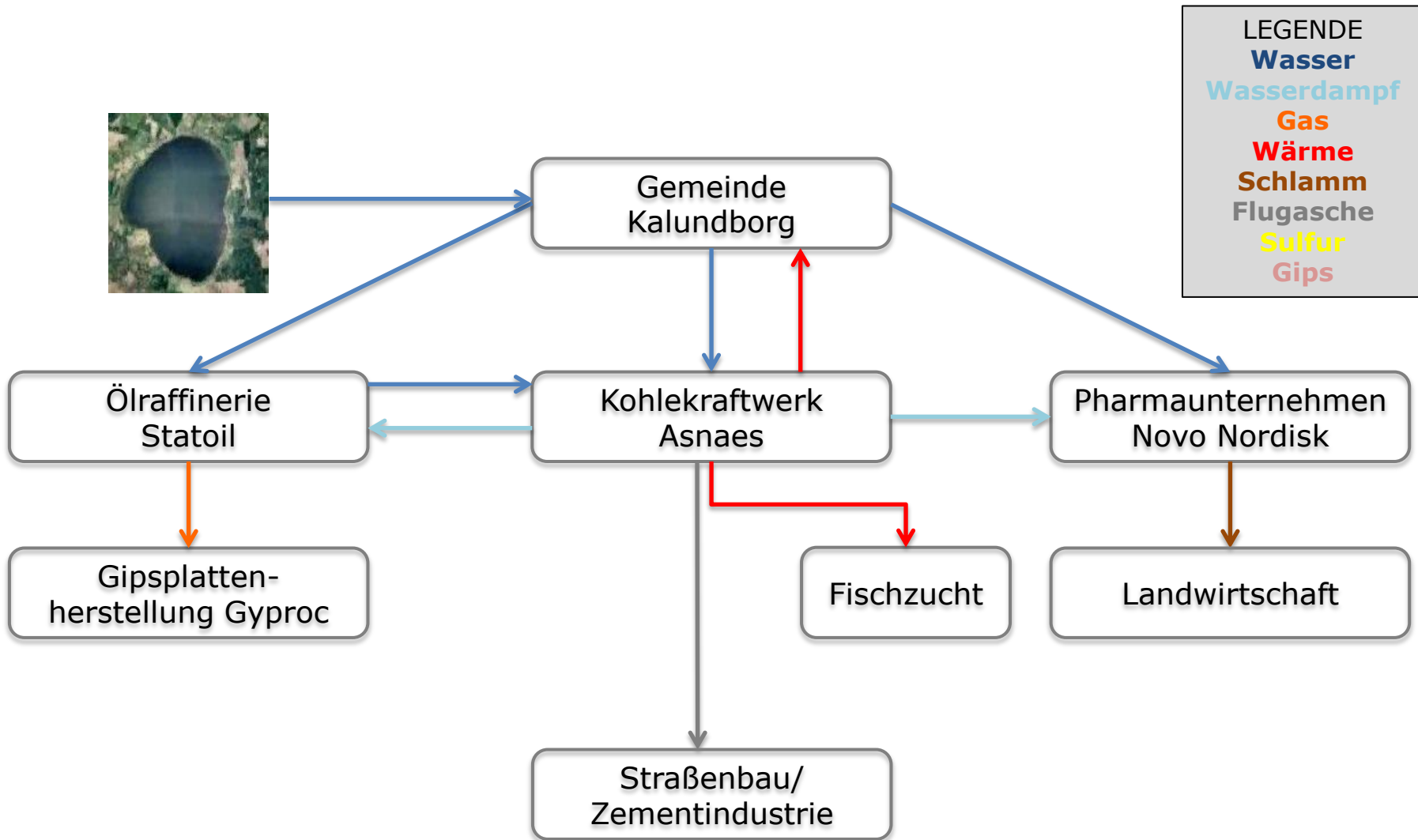
## 3 Kategorien von Projekten:

- Recycling von Wasser: 12 Projekte
- Austausch von Energie: 9 Projekte
- Recycling von Abfall- / Nebenprodukte: 11 Projekte





# Entwicklung der Stoffströme - 1961 bis 1989







# Die Entdeckung der Symbiose

**1990**

erstmalige Erfassung der Stoffströme durch eine Schulklasse

... da Entwicklung

- Unkoordiniert
- Bilateral zwischen den einzelnen Unternehmen

Kontaktpunkt:

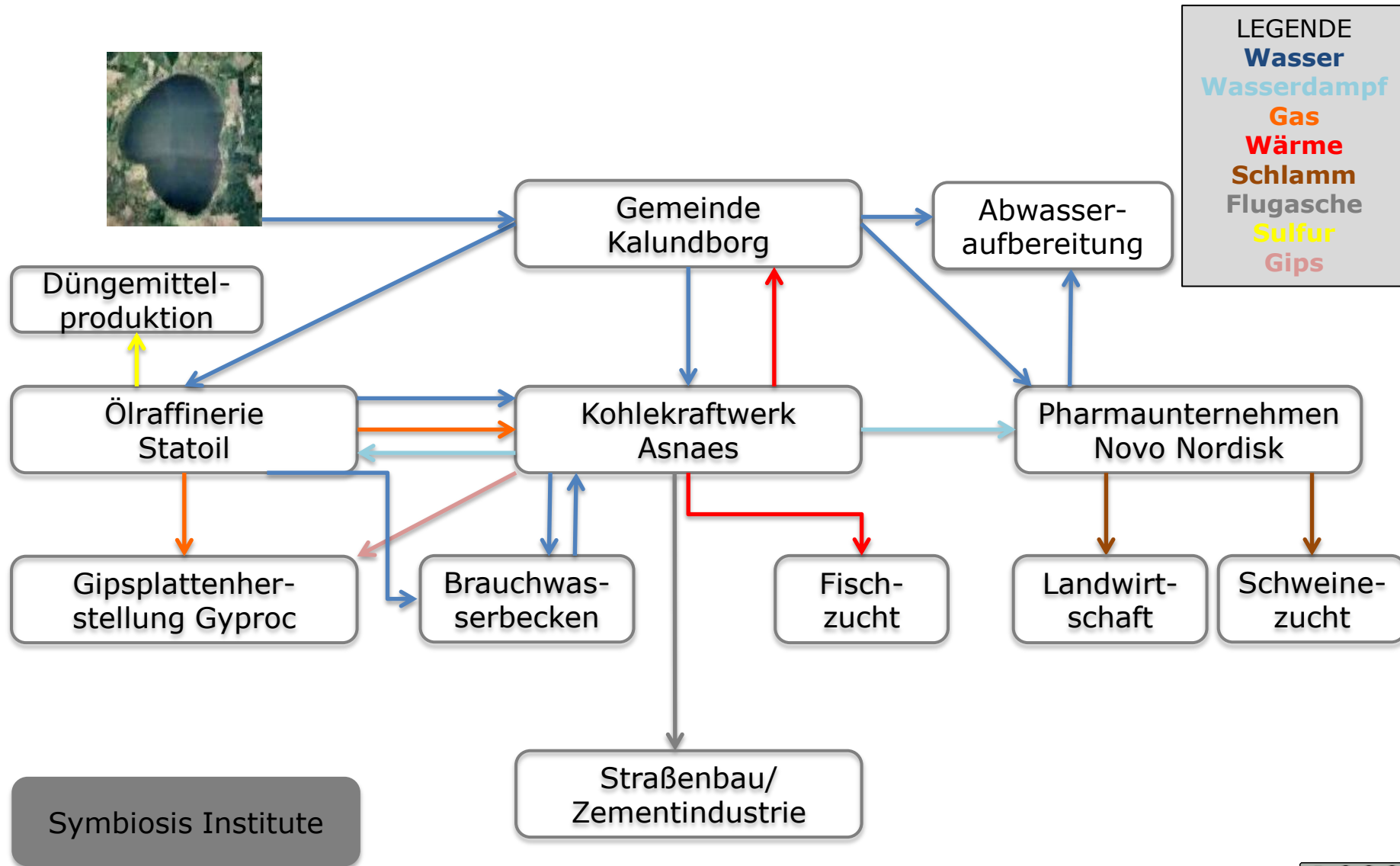
u.a. lokaler Rotary Club

Mögliche Hintergründe:

- Regionale Grundwasserproblematik
- Steigende Umwelanforderungen  
und damit steigende Umweltkosten

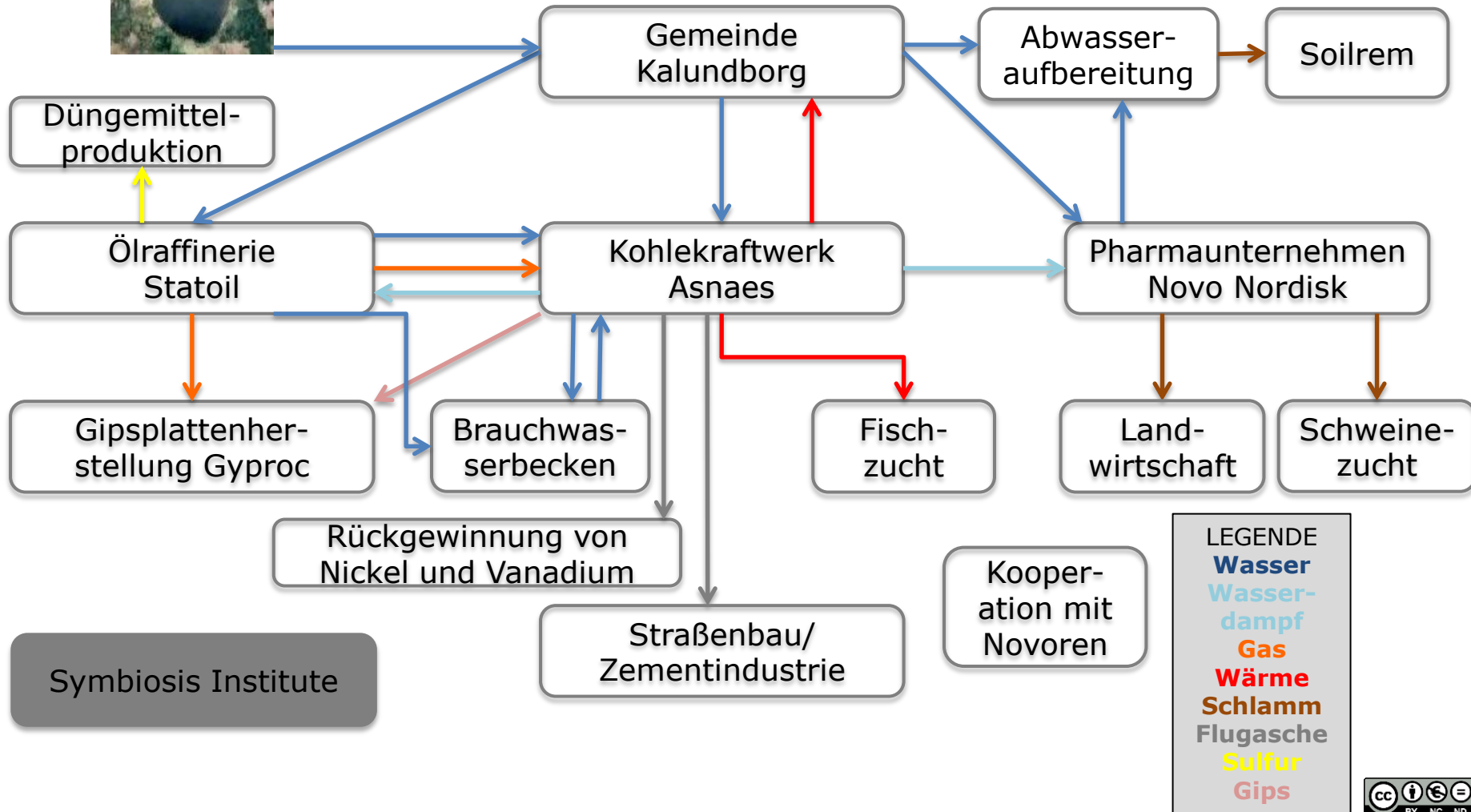
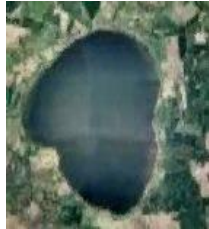


# Entwicklung der Stoffströme bis 1996





# Entwicklung der Stoffströme bis 2007





## ... und die Entwicklung in der Zukunft

### Ziele:

- Entwicklung künftig systematischer vorantreiben
- Unternehmen
- Erneuerbare Energien
  - Asnaes: “50% bis 2020”
  - 2008: Pilotanlage einer Biospritfabrik



# Ökonomische Effekte der Symbiose

„Die wichtigste Triebfeder des Systems ist das Geld, nicht der Umweltschutz.“

## 1993

- Investitionen (Transport, Energie, Materialien):  
~ 60 Mio \$
- Umsätze & Kosten-Einsparungen:  
~ 120 Mio \$

## 1998

- Investitionen: ~ 75 Mio \$
- Jährliche Einsparungen: > 15 Mio \$
- Gesamt Einsparungen bis 1998: ~ 160 Mio \$





# Ökologische Effekte der Symbiose

Sources of Reduction	Total Reductions (tons/yr)
<u>Resources</u>	
Oil	19,000
Coal	30,000
Water	1,200,000
<u>Emissions</u>	
CO <sub>2</sub>	130,000
SO <sub>2</sub>	25,000
<u>Waste</u>	
Fly ash	135,000
Sulfur	2,800
Gypsum	80,000
Nitrogen from biosludge	800
Phosphorus from biosludge	400



Quelle: Ehrenfeld and Gertler (1997); Jacobsen (2006)



# Kalundborg – (k)eine reine Erfolgsstory?

## **Fall 1:**

Die Wiederverwertung von Kühlwasser

## **Fall 2:**

Die Planung eines gemeinsamen Druckluftsystems

Quelle: Jacobsen (2008)



# Fall 1: Die Wiederverwertung von Kühlwasser

## Kühlwasser aus Raffinerie als Kesselwasser für Kraftwerk

### Win/Win-Situation:

- Raffinerie: Reduzierung der Abwassereinleitungen
- Kraftwerk: Reduktion der Menge an Oberflächenwassers für Dampferzeugung

### Erfolg, da...

- Technische Einfachheit
- Betriebliche Unkompliziertheit
- Geringer Investitionsaufwand
- Symmetrische ökonomische Motivation der Unternehmen
- Geringes Risiko





## Fall 2: Das gemeinsame Druckluftsystem

### **Ziel:**

Vermeidung überschüssiger Kompressorkapazitäten  
+ Optimierung der Energienutzung

Scheitern, da...

- 6 beteiligte Unternehmen
- Hoher Abstimmungsaufwand
- Abhängigkeit untereinander als Schlüsselthema
- Unsymmetrische wirtschaftliche Motivation
- Für viele Beteiligte geringe(re) strategische Bedeutung



## Zwischenfazit – Lessons to learn from Kalundborg

- Basis der Kooperationen: Kommunikation und Vertrauen zwischen den Akteuren, bilaterale Absprachen
- Wirtschaftliche Vorteile für alle Beteiligten
- Geringer oder mittlerer Investitionsbedarf
- Nicht zu zeitaufwendig, Abstimmungsbedarf überschaubar
- Betriebliche und organisatorische Stabilität



IS beginnen mit menschlichen Kontakten zum Aufbau von Vertrauen, nicht mit der Verknüpfung technologischer Prozesse.



# Eco Industrial Parks

Eco Industrial Parks are an approach to implement Industrial Ecology

## Examples:

- **Germany:**
  1. „Verwertungsnetz Oldenburger Münsterland“ (Hasler (2004)),
  2. „Verwertungsnetz Heidelberger Industriegebiet Pfaffengrund“ (Sterr und Ott (2004)),
  3. Zero Emission Parks“: Bremen, Bottrop, Eberswalde, Kaiserslautern (Hauff von (2012))
- **Austria:** „Verwertungsnetz Steiermark“ (Strebel (1998); Posch (2006); Posch und Perl (2007))
- **Further Europe:** Sweden, Finland, UK, Netherlands (Heeres et al. (2004))
- **USA & Canada** more than 60 EIP since 1990s (Heeres et al. (2004))
- **Asia:** India, China, Philippines, Thailand, Malaysia (Wilderer (2003); Chiu und Yong (2004))
- **Australia** (van Beers et al. (2007))



## Fazit und Ausblick (1)

- Die Industrial Ecology ist ein junges, rasch aufstrebendes Forschungs- und Handlungsfeld in den Umwelt- und Nachhaltigkeitswissenschaften. Sie entwickelt sich dynamisch, gerade auch im deutschsprachigen Raum.
- Die Industrial Ecology hat interdisziplinäre Wurzeln, mit Anleihen aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften einerseits und Wirtschafts- und Sozialwissenschaften andererseits.
- Die Industrial Ecology ist disziplinverbindend angelegt, und sie hat eine hohe Anschlussfähigkeit.



## Fazit und Ausblick (2)

- Für die Industrial Ecology ist es zwar wichtig,
  - effizienter mit Rohstoffen und Energieträgern umzugehen,
  - die Knappheit der Natur zur Aufnahme von Emissionen und Abfällen besser zu managen sowie
  - v.a. die Stoffumsätze und Energieströme auf die Trag- und Regenerationsfähigkeiten natürlicher Ökosysteme abzustimmen (Metabolismus).Insofern wird in der Industrial Ecology primär eine Effizienz- und Konsistenzstrategie verfolgt.
- Statt als begrenzte wertschöpfende Ressource ist es aber darüber hinaus auch möglich, die Natur und ihre Ökosysteme als ein Vorbild zur Gestaltung nachhaltiger Industriesysteme und für ein nachhaltiges Management zu betrachten.
- Damit ist ein grundlegender Perspektivenwechsel angezeigt: von der Natur nur als „Sack von Ressourcen“ (Hampicke (1977)) für das Wirtschaften hin zu ihrem Vorbild auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit.



# Aufgaben für das Selbststudium

1. Recherchieren und untersuchen Sie Beispiele für Industrial Symbiosis Projekte bzw. nachhaltige Industrie- und Gewerbeparks, in der ökonomische Akteure in koordinierter Weise zusammenarbeiten, um gemeinsam mehr in punkto Nachhaltigkeit zu erreichen.
2. Diskutieren Sie die in der Industrial Ecology verfolgte Stoßrichtung vor dem Hintergrund drei grundlegenden Nachhaltigkeitsstrategien: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz.
3. Worin sehen Sie die konzeptionellen und praxisbezogenen Stärken der Industrial Ecology, worin liegen womöglich deren Grenzen?



## Zitierte Literatur (1)

Chertow, M. R. 2000. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment* 25:313–337.

Chiu, A., Yong, G., (2004): On the industrial ecology potential in Asian developing countries. *Journal of Cleaner Production* 12 (8-10), 1037-1045.

Ehrenfeld, J.; Gertler, N. (1997): Industrial ecology in practice. The evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology* 1(1): 67-79.

Erkman, S.; Ramaswami, R. (2003): *Applied Industrial Ecology. A New Platform for Planning Sustainable Societies*. Bangalore: Aicre. Online: <http://www.roionline.org/viewbooks.php>.

Frosch, R.; Gallopoulos, N. (1989): Strategies for manufacturing. *Scientific American* 261(September special issue): 94-102.

Hampicke, U. (1977): *Landwirtschaft und Umwelt. Ökologische und ökonomische Aspekte einer rationalen Umweltstrategie, dargestellt am Beispiel der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland*. Diss. TU Berlin.

Hasler, A. (2004): Kommunikative Verwertungsnetze – innovative Instrumente nachhaltiger Wirtschaft. Schwarz, E. (Hrsg.). *Nachhaltiges Innovationsmanagement*. Heinz Strebel zum 65. Geburtstag. Wiesbaden: Gabler, 451-475.

Hauff, M. von (2012): Anforderungen an nachhaltige Gewerbegebiete. *Industrial Ecology Management. Nachhaltige Zukunftsstrategien für Unternehmensverbände*. Hauff, M. von; Isenmann, R.; Müller-Christ, G. (Hrsg.). Wiesbaden: Springer-Gabler. 111-121.

Heeres, R.R., Vermeulen, W.J.V.; Walle, F.B. de (2004): Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 985-995.

Jacobsen, N. B. (2006): Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark. A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology* 10(1-2): 239-255.

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.



## Zitierte Literatur (2)

Jacobsen, N.B. (2008): Voraussetzungen für eine erfolgreiche industrielle Symbiose: Untersuchung und Neubetrachtung des Falls Kalundborg. *Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen*. Gleich, A. von; Gößling-Reisemann, S. (Hrsg.). Wiesbaden: Teubner, 139–152.

Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W. & Patel, C. K. N. (1992). Industrial Ecology: Concepts and Approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89: 793-797.

Lifset, R.; Graedel, T. (2002): Industrial Ecology: Goals and Definitions. *A Handbook of Industrial Ecology*. R.U. Ayres, L.W. Ayres (Hrsg.). Cheltenham, Northampton: Edward Elgar, 3-15.

Müller-Christ, G.; Isenmann, R. (2009): Gewerbegebiete als Keimzellen der Nachhaltigkeit? *Forum nachhaltig Wirtschaften* (FNW). Das Entscheider-Magazin, Heft 1, 36-39.

Posch, A. (2006): Zwischenbetriebliche Rückstandsverwertung. Kooperationen für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel industrieller Verwertungsnetze. Wiesbaden: Gabler.

Posch, A.; Perl, E. (2007): Regionale Verwertungsnetze und industrielle Symbiosen. *Industrial Ecology. Mit Ökologie nachhaltig wirtschaften*. Isenmann, R.; Hauff, M. von. München: Elsevier, 265-277.

Sterr, T., Ott, T. (2004): The industrial region as a promising unit for eco-industrial development – reflections, practical experiences and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. *Journal of Cleaner Production* (12): 947-965.

Strebel, H. (1998): Das Konzept des regionalen Recyclingnetzwerkes. *Kreislauforientierte Unternehmenskooperationen. Innovative Recyclingnetzwerke*. Strebel, H.; Schwarz E. (Hrsg.) München, Wien: Oldenburg, 1-10.

Van Beers, D.; Corder, G.; Bossilkov, A.; Berkel, R. van (2007): Industrial symbiosis in the Australian minerals industries: The cases of Kwinana and Gladstone. *Journal of Industrial Ecology* 11(1): 55–72.

Wilderer, M.Z. (2002): *Economic Growth, Environment and Development. The Significance of the Eco-Industrial Park Concept in India and Indonesia*. Diss. TU Kaiserslautern.

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.





# Einführende Literatur (1)

## **Einführung und Grundlagen der Industrial Ecology**

Hauff, M. von; Isenmann, R.; Müller-Christ, G. (Hrsg.) (2012): *Industrial Ecology Management. Nachhaltige Zukunftsstrategien für Unternehmensverbände*. Wiesbaden: Springer-Gabler.

Isenmann, R.; Hauff, M. von (Hrsg.) (2007): *Industrial Ecology. Mit Ökologie nachhaltig wirtschaften*. München: Elsevier.

Gleich, A. von; Gößling-Reisemann, S. (Hrsg.) (2008): *Industrial Ecology – Nachhaltige industrielle Systeme gestalten*. Stuttgart: Teubner.

Ayres, R.U.; Ayres, L.W. (Hrsg.) (2002): *A handbook of industrial ecology*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

Bergh van den J.C.M. et al. (Hrsg.) (2005): *Economics of industrial ecology. Materials, structural change, and spatial scales*. Cambridge (Mass.): MIT Press.

Ayres, R.U.; Simonis, U.E. (Hrsg.) (1994): *Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo et al.: United Nations University Press.

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.



## Einführende Literatur (2)

### Profil und Entwicklung der Industrial Ecology

Isenmann, R. (2008): Setting the boundaries and highlighting the scientific profile of Industrial Ecology. *Information Technologies in Environmental Engineering*. Special Issue January 1(1): 32-39. Online: <<http://www.iteejournal.com/Volume1/index.htm>>.

Isenmann, R. (2008): Industrial Ecology auf dem Weg zur Wissenschaft der Nachhaltigkeit? *Industrial Ecology – Nachhaltige industrielle Systeme gestalten*. A. von Gleich, S. Gößling-Reisemann (Hrsg.). Stuttgart: Teubner, 304-315.

Isenmann, R. (2003): Further efforts to clarify Industrial Ecology's hidden philosophy of nature. *Journal of Industrial Ecology* 6(3/4): 27-48.

Isenmann, R. (2003): *Natur als Vorbild. Plädoyer für ein differenziertes und erweitertes Verständnis der Natur in der Ökonomie*. Marburg: Metropolis.

Bringezu, S. (2004): Industrial Ecology – das kommende Aufgabenfeld für Umweltwissenschaftler. *Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie* 4: 9-11.

Kreibich, R.; Simonis, U.E. (Hrsg.) (2000): *Global Change – Globaler Wandel. Ursachenkomplexe und Lösungsansätze*. Berlin: Berlin Verlag.

Graedel, T. (2000): The evolution of industrial ecology. *Environmental Science & Technology* 34(1): 28A-31A.

Frosch, R.; Gallopoulos, N. (1989): Strategies for manufacturing. *Scientific American* 261(September special issue): 94-102.

Rosen, C.M. (1997): Industrial ecology and the greening of business history. *Business and Economic History* 26(1), 123-137.

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.



# Weiterführende Quellen (1)

## Managementperspektiven

Hauff, M. von; Isenmann, R.; Müller-Christ, G. (Hrsg.) (2012): *Industrial Ecology Management. Nachhaltige Zukunftsstrategien für Unternehmensverbände*. Wiesbaden: Springer-Gabler.

Isenmann, R. (2011): Natur als Vorbild – von der Idee zum Managementkonzept. *Wirtschaft – Gesellschaft – Natur. Ansätze zu einem zukunftsfähigen Wirtschaften*. Pinter, D.; Schubert, U. (Hrsg.). Marburg: Metropolis, 187-219.

Zwierlein, E.; Isenmann, R. (1995): *Ökologischer Strukturwandel und Kreislaufökonomie. Wege zu einer umweltorientierten Materialwirtschaft*. Idstein: Schulz-Kirchner.

Müller-Christ, G.; Liebscher, K. (2011): *Nachhaltigkeit im Industrie- und Gewerbegebiet. Ideen zur Begleitung von Unternehmen in eine Ressourcengemeinschaft*. München: oekom.

Boons, F.; Howard-Greenville, J. (Hrsg.) (2009): *The social embeddedness of industrial ecology*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.

Müller-Christ, G.; Isenmann, R. (2009): Gewerbegebiete als Keimzellen der Nachhaltigkeit? *Forum nachhaltig Wirtschaften (FNW)*. Das Entscheider-Magazin, Heft 1, 36-39.

Posch, A. (2006): *Zwischenbetriebliche Rückstandsverwertung. Kooperationen für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel industrieller Verwertungsnetze*. Wiesbaden: Gabler.

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.



## Weiterführende Quellen (2)

### Online-Ressourcen

Journal of Industrial Ecology (JIE): [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1530-9290](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1530-9290)

Progress of Industrial Ecology (PIE): <http://www.inderscience.com/browse/index.php?journalCODE=pie>

International Society for Industrial Ecology (ISIE): <http://www.is4ie.org/>

Resource Optimization Initiative (ROI): <http://www.roionline.org/index.htm>

National Pollution Prevention Center for Higher Education: Industrial Ecology Annotated Bibliography  
[www.umich.edu/~nppcpub/.../INDEannobib.pdf](http://www.umich.edu/~nppcpub/.../INDEannobib.pdf)

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.