

Industrial Ecology und betriebliches Management

Ein neues Leitbild für Unternehmen

In der Industrial Ecology wird das Ziel verfolgt, industrielle Systeme nach dem Vorbild der Natur als industrielle Ökosysteme zu gestalten. Die leitbildhafte Orientierung verspricht Unternehmen Zukunftsfähigkeit. Dabei geht es um eine resiliente Ressourcenwirtschaft, die Nutzung von Null-Emissionstechniken und die Ausschöpfung überbetrieblicher Synergien. **Von Susanne Hartard**

Die „Notwendigkeit selbsterhaltender industrieller Systeme“ und das „Gestaltungsziel einer ganzen Wirtschaft als industrielles Ökosystem“, so wie die General-Motors-Mitarbeiter Robert Frosch und Nicholas Gallopoulos in ihrem Artikel „Strategies for Manufacturing“ (Frosch/Gallopoulos 1989) formuliert haben, gelten heute als Katalysator der Industrial Ecology.

Der Kerngedanke der Industrial Ecology, ein Wirtschaften nach dem Vorbild der Natur, verlangt die Beschäftigung mit dem Ökosystem Erde und einen Blick in Evolutionstheorie, Ökosystemtheorie und Biokybernetik. Biologische Systeme haben selbstregulierende Funktionen, erreichen einen Fließgleichgewichtszustand im Stoffhaushalt und betreiben ständig Reparatur- und Innovationsaufwand. Durch Anpassungsprozesse können natürliche Klimaschwankungen und extreme Wetterereignisse bewältigt werden (vgl. Tabelle 1). Ökosysteme gelten als resilient (Holling 1973, siehe auch den Artikel von Gleich/Gößling-Reisemann in diesem Heft), das heißt, sie sind regenerationsfähig und in der Lage, trotz Störungen in der Natur ihre Leistungen aufrechtzuerhalten.

Unternehmen als Organismen

Die Resilienz der Natur wird infolge der zunehmenden Vulnerabilität der Weltwirtschaft zum Beispiel durch Finanzkrisen und Ressourcenkonflikte als mögliche und geeignete Vorbildfunktion einer zukunftsfähigen Wirtschaft gesehen (Hartard 2014). Unternehmen gestalten ihre Ressourcenwirtschaft derart, dass sie unabhängiger von Weltmarktpreisen und der globalen Verfügbarkeit von Rohstoffen werden. Dabei können sie sich an Organisationsprinzipien der Natur orientieren. In ihr sind Speicher, Stoffkreisläufe und biobasierte Materialien zu äußerst strapazierfähigen Systemen kombiniert.

Ökosysteme erreichen einen hohen Reifegrad mithilfe von Vernetzung und Diversität der Organismen. Sie sind damit be-

sonders stabil und wenig krisenanfällig. In der Evolution haben Organismen durch Kooperationsbeziehungen Überlebens- und Effizienzvorteile erschlossen, etwa durch Koevolution, Symbiose und konvergente Entwicklungen infolge gleicher Umweltbedingungen.

Die Vernetzung zwischen Produzenten und Dienstleistern ist gerade in Industrie- und Gewerbeparks interessant, wo größere Bedarfe an Energie und Rohstoffen mit einer größeren Variabilität von anfallenden Reststoffen und Abwärme verbunden werden können. Die chemische Industrie in Deutschland hat mit der Verbundproduktion einen vorbildlichen Anfang gemacht. So bringt beispielsweise der Energieverbund am Chemiestandort Ludwigshafen Einsparungen von 300 Millionen Euro jährlich an Energiekosten sowie eine Verminderung von 50 Prozent des Prozessdampfbedarfes (BASF 2013).

Zuweilen hängt der Industrial Ecology das Klischee an, ein vorwiegend akademisches Forschungsfeld mit ideellem Leitbild zu sein. Gleichwohl lassen sich in Unternehmen zahlreiche Handlungsfelder ausmachen, die Prinzipien der Industrial Ecology als ein Leitbild für Unternehmen umsetzen. Das Leitbild der Industrial Ecology zielt auf Transformationsprozesse im Unternehmen, um Unternehmensrisiken abzubauen. Sie umfassen das Energie- und Umweltmanagement, das Beschaffungs- und Risikomanagement ebenso wie die Entwicklung von Produktionslinien mit Entscheidungen zu Rohstoffintensität, Ausschuss und innerbetrieblichem Recycling als sogenannte closed loops.

Im Folgenden sei die Umsetzung der Industrial Ecology als Leitbild für Unternehmen an drei Stufen veranschaulicht.

Quantitative ökologische Analysen

Unternehmen tragen zunehmende Risiken in der Ressourcenwirtschaft, beispielsweise durch steigende Rohstoff- und Energiepreise sowie eine zunehmende Preisvolatilität. Daher sind Material- und Stoffstromanalysen, die Materialverbrauch und -verluste in der Produktionskette sichtbar machen, auch von großer ökonomischer Bedeutung. In der Industrial Ecology steht ein Methodenbaukasten mit quantitativen ökologischen Ansätzen zur Verfügung, um den Material- und Energiever-

Resilienz	Konvergenz	Stoffkreisläufe	Puffer, Speicher
Solare Energiezufuhr	Biologischer Abbau	Homöostase	Biodiversität
Koevolution	Rückkoppelung	Symbiose	Adaption

Tabelle 1: Eigenschaften der Natur als Vorbild für nachhaltiges Wirtschaften

brauch in der Produktion zu analysieren und zu bewerten. Einzelne Methoden wie der Carbon Footprint haben aufgrund ihrer einfachen Handhabung, Ansprache des Kunden und öffentlicher Nachfrage in den letzten Jahren stärker Einzug in die Praxis gefunden:

- So verändern Life-Cycle-Cost-Analysen die Investitionsentscheidungen bei Maschinen und Elektronikgeräten, weil sie Energiekosten über die gesamte Nutzungsdauer eines Gerätes berücksichtigen.
- Ökobilanzen haben ihren Platz bei Produktentwicklung und Marketing der Automobil- und Reifenhersteller, Waschmittel-, chemischen Industrie und Bauproduktehersteller gefunden.
- Kritikalitätsanalysen legen die Risiken der Rohstoffverfügbarkeit auf dem Weltmarkt offen.

Optimierung im Management

Die zunehmende Preisvolatilität von Rohstoffen ist in den letzten Jahren zum Risiko für Unternehmen geworden. So sind Produzenten von Zukunftstechnologien betroffen von der steigenden Weltnachfrage nach knappen Rohstoffen. Wegen der Kritikalität vieler Rohstoffe wird an Lösungen zur Rohstoffdiversifizierung und -substitution in großen Unternehmen und Forschungsinstituten gearbeitet. Ein nachhaltiger Rohstoffmix besteht aus der Kombination des Rohstoffinputs aus innerbetrieblichem Recycling (closed loop), dem Maximaleinsatz von Sekundärrohstoffen (open loop) und möglichst geringen Einkaufsmengen auf dem globalen Rohstoffmarkt. Rohstoffsubstitute werden wegen hoher Preise und knapper Reserven ökonomisch zunehmend interessanter als Ersatz für erdölbasierte Produkte, Primärphosphat, Kupfer, Seltene Erden, Indiumzinnoxid und Metall-Katalysatoren (Hartard 2014).

Produktionsverfahren für Biokunststoffe und Sekundärphosphatdünger sind bereits an der Schwelle zur Marktreife. Bei steigenden Erdölpreisen ist ein deutlicher Marktausbau bei der Technologielinien zu erwarten. In der Metallwirtschaft und insbesondere in der Elektronikindustrie gestaltet sich die Rohstoffsubstitution als schwieriger. Kohlefaserverstärkte Werkstoffe versprechen den Teilersatz von Aluminium, sind aber bisher selbst nur mit relativ hohem Energieaufwand herstellbar.

Nachhaltige Techniksyste

Eine Nullemission gibt es de facto nicht, denn auch ein Elektroauto oder eine Brennstoffzelle kann nur mit Ressourcenaufwand hergestellt werden. Die Nullemission zielt als Ideal darauf, jegliche Reststoffe der Produktion als Wertstoffe und nicht als Abfall zu betrachten. Unternehmen erreichen dies beispielsweise, indem sie innerbetriebliche Kreisläufe schließen. Sie nutzen regenerative Energien, die im Idealfall als Nullemission bilanziert werden können.

Nachhaltige Techniksyste sind durch eine Modulbauweise flexibel anpassbar an schwankende Rohstoffinputs. Sie

beugen damit klassischen Ingenieurrisiken der Überdimensionierung von Anlagen vor. Ein nachhaltiges Produktdesign erlaubt Upgrade, Nachrüsten, Reparatur sowie werkstoffbezugswise wertstoffgerechte Demontage. Dafür gibt es eine Fülle an Praxisbeispielen, darunter etwa das Reengineering für Großkopierer, Retrofit von Lampen durch LED-Leuchtkörper oder Repowering von Windkraftanlagen. Praxisanwendungen der Biotechnologie gewinnen mit Fermentierungsverfahren gegenwärtig an Bedeutung. Ein großes Zukunftspotenzial wird in Algenfabriken gesehen, die mit den Prinzipien der Primärproduktion der Natur in der Zukunft große Biomassmengen für industrielle Rohstoffe zur Verfügung stellen können.

Die Bionik führt als erfahrene eigene interdisziplinäre Wissenschaft zwischen Biologie und Technik ein eigenständiges Dasein mit starker Integrierbarkeit in das Leitbild der Industrial Ecology. Technologielösungen aus der Bionik bieten Lösungsansätze bei der Gestaltung von Oberflächen wie Lotuseffekt und Haifischhaut, in der Konstruktion, zum Beispiel Sandwichbauweise, sowie in der Energiewirtschaft, etwa durch Passivbelüftung, Latentwärmespeicher und transparente Wärmedämmung.

Warum kann also die Industrial Ecology ein besonders wertvolles Leitbild für Unternehmen sein? Es liefert eine Langfristsperspektive für eine an die Natur angepasste Wirtschaft. Die begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen wird dabei ebenso mitgedacht wie ihre globale Ungleichverteilung. Eine Orientierung am Leitbild beugt Ressourcenkonkurrenzen auf dem Weltmarkt durch neue Strategien vor und ist damit tendenziell friedenschaflend (Hartard 2014). Sie zielt auf Synergieeffekte in Netzwerken und eröffnet damit ein Fenster der Möglichkeiten, das die Erfahrungen mit additiven und integrierten Umweltschutzmaßnahmen am Unternehmensstandort um weitere neue Perspektiven erweitert.

Literatur

- BASF (2013): Factbook, BASF.
 Frosch, R. A./Gallopoulos, N. E. (1989): Strategies for Manufacturing. *Scientific American* 261/3, S. 144–152.
 Hartard, S. (2014): Resilienz durch nachhaltige Ressourcenwirtschaft. In: Schaffer, A./Lang, E./Hartard, S. (Hrsg.): Systeme in der Krise im Fokus von Resilienz und Nachhaltigkeit. Marburg, Metropolis (im Erscheinen).
 Hartard, S./Liebert, W. (Hrsg.) (2014): Competitions and conflicts on resources use. Natural resource management and policy. Heidelberg, Springer (im Erscheinen).
 Holling, C. S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, S. 1–23.

AUTORIN + KONTAKT

Dr.-Ing. Susanne Hartard ist Professorin für Industrial Ecology am Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier.

Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld,
 Postfach 1380, 55761 Birkenfeld. Tel. +49 6782 17-1322,
 E-Mail: s.hartard@umwelt-campus.de,
 Internet: www.umwelt-campus.de

