Jan-Peter Ferdinand, Ulrich Petschow, Arnim v. Gleich, Peer Seipold

Literaturstudie Bionik

Analyse aktueller Entwicklungen und Tendenzen im Bereich der Wirtschaftsbionik

Schriftenreihe des IÖW 201/12

i | ö | w
INSTITUT FÜR
ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Jan-Peter Ferdinand, Ulrich Petschow, Arnim v. Gleich, Peer Seipold

Literaturstudie Bionik

Analyse aktueller Entwicklungen und Tendenzen im Bereich der Wirtschaftsbionik

Schriftenreihe des IÖW 201/12
Berlin, Januar 2012

ISBN 978-3-940920-04-1

Impressum

Herausgeber:
Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung (IÖW)
Potsdamer Straße 105
D-10785 Berlin
Tel. +49 – 30 – 884 594-0
Fax +49 – 30 – 882 54 39
E-mail: mailbox@ioew.de
www.ioew.de

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz aus Mitteln des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (FKZ 3510810700)
Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Auffassung und Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

In Kooperation mit:

Prof. Dr. Arnim von Gleich

FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
FB Produktionstechnik
Universität Bremen
Postfach 330440
D-28334 Bremen

und

Peer Seipold

Institut für Verkehrsplanung und Logistik
Technische Universität Hamburg-Harburg
D-21071 Hamburg

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, zu überprüfen, inwieweit das bisher vor allem im Bereich technischer Innovationen erfolgreiche Konzept des „Lernens von der Natur“ auch auf organisationale bzw. managementorientierte Themenbereiche im Feld der Wirtschaft übertragen wird. Dementsprechend werden im Rahmen der breit angelegten Literaturstudie aktuelle Erkenntnisse zur wissenschaftlichen und praxisorientierten Anwendung bionischer Konzepte, Methoden und Gestaltungsansätze im Bereich der Wirtschaft identifiziert und hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen abgeschätzt und bewertet. Dabei fokussiert die Analyse sowohl auf enge Analogien, also die explizite Verwendung bionischer Konzepte, als auch auf eher implizite Bezüge zwischen natur- und wirtschaftwissenschaftlichen Erklärungsansätzen, bspw. im Kontext der managementtheoretischen Auseinandersetzung mit Konzepten wie Selbstorganisation, Resilienz oder Schwarmintelligenz. Im Ergebnis zeigt sich, dass bionische Konzepte und Ansätze insbesondere dann in der wirtschaftswissenschaftlichen Auseinandersetzung Anklang finden, wenn es um die Bewältigung steigender Komplexität, Unsicherheiten und beschleunigtem Wandel geht. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass die Tendenzen, die im Rahmen dieser Studie eindeutig identifiziert wurden, sich zukünftig verfestigen und in ihrer Relevanz möglicherweise steigen werden. Das „Lernen von der Natur“ hat im Bereich des Managements an Einfluss gewonnen, die Implikationen für die Stärkung des Naturschutzes sind allerdings im Wesentlichen indirekt. Bezüge bestehen dabei einerseits zu Leitbildern und Orientierungen für nachhaltigeres Wirtschaften und andererseits zur Vermittlung der Bedeutung von Naturschutz und Biodiversität durch geeignete Kommunikationsstrategien.

Abstract

The present study examines the state of the art of a “learning from nature” approach to organizational and management issues. Primarily emphasizing the inspiring potentials of nature to technical innovations, biomimetic concepts and principles nowadays also affect the structure of markets, organizations and modes of cooperation. Within the framework of the broad-based literature study, current findings to scientific and practice-oriented application of biomimetic concepts, methods and design approaches in the field of economics are identified and evaluated with regard to their specific capabilities and limitations. The analysis is focused on close analogies, so the explicit use of biomimetic concepts, as well as on more implicit references between natural and economic science explanatory approaches, for example in the context of managerial application of concepts such as self-organization, resilience, and swarm intelligence. As a result, the study shows that the approach of “learning from nature” especially appeals to the economic dispute when it relates to increasing complexity, uncertainties and accelerated change. Against this background it is to assume that the trends clearly identified in this study will solidify in the future and may rise in their relevance. This may concern to indirect impact on the possibilities of nature conservation at least in two aspects: on the one hand, biomimetic concepts and principle might emphasize the orientation towards economic activity in accordance with nature; on the other hand it may extend the scope of communication strategies which strengthen the relevance of nature and biodiversity.

Die Autoren

Dipl. Soz. Jan-Peter Ferdinand hat Soziologie technikwissenschaftlicher Richtung an der Technischen Universität Berlin studiert. Seit 2010 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im IÖW mit dem Fokus neue Technologien. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungsdynamiken sowie im Bereich sozial-ökologischer Technikbewertung.
Kontakt: Jan-Peter.Ferdinand@ioew.de
Tel. +49 – 30 – 884 594-28

Dipl.-Volkswirt Ulrich Petschow ist Leiter des Forschungsfeldes Umweltökonomie und –politik. Er hat Vielzahl von Forschungsvorhaben bearbeitet und geleitet. Ein inhaltlicher Fokus liegt im Bereich der Governance neuer Technologien und von Innovationssystemen und der nachhaltigkeitsorientierten Bewertung und Gestaltung neuer Technologien und Managementkonzepten.
Kontakt: Ulrich.Petschow@ioew.de
Tel. +49 – 30 – 884 594-0

Prof. Dr. phil. Arnim von Gleich studierte Biologie und Sozialwissenschaften und promovierte in Politikwissenschaften mit einer forschungs- und technologiepolitischen Arbeit. Seit 2003 ist er Professor für das Fachgebiet 'Technikgestaltung und Technologieentwicklung' am FB Produktionstechnik und Mitglied des ‚Forschungszentrums Nachhaltigkeit‘ der Universität Bremen. Neben Forschung und Lehre engagierte er sich in mehreren Beratungsgremien der Bundesregierung (Risikokommission, Ausschuss für Gefahrstoffe, NanoKommission).
Kontakt: gleich@uni-bremen.de
Tel. +49 – 421-218-64880

Peer Seipold ist Dipl.-Biologe und Dipl.-Kaufmann (FH). Als Berater für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen arbeitete er viele Jahre für die Otto Gruppe sowie für die Systain Consulting GmbH in Hamburg. Seit 2006 war er Projektleiter verschiedener Forschungsvorhaben am Institut für Verkehrsplanung und Logistik der Technischen Universität Hamburg-Harburg, so auch für das Verbundvorhaben „BIONOS - Bionic for optimizing supply chains“ zur ressourceneffizienten Gestaltung von Wertschöpfungsketten durch Bionik.
Kontakt: peer.seipold@tu-harburg.de
Tel. +49 – 40 – 42 878-3780

Inhaltsverzeichnis

0 Zusammenfassung der Studie 10

1 Was ist Bionik? 15

1.1 Begriffsbestimmung 15
1.2 Kategorisierung und Typisierung 16
1.3 Bionik und Naturschutz 18

2 Anwendungsbereiche der Bionik: Technik und Wirtschaft 19

2.1 Technische Innovationen in der Bionik 19
2.1.1 Funktionsmorphologie 20
2.1.2 Signal- und Informationsverarbeitung, Biokybernetik, Sensorik und Robotik 21
2.1.3 Nanobionik – Molekulare Selbstorganisation und Nanotechnologie 21
2.1.4 Konvergenz der Entwicklungsstränge 22
2.1.5 Zusammenfassung: Technologische Potenziale des Lernens von der Natur 22
2.1.6 Fazit 24
2.2 Wirtschafts- und Managementbionik 25
2.2.1 Aktuelle Diskussionen, Schwerpunktthemen und Anwendungsbereiche 26
2.2.2 Akteure 27
2.2.3 Zusammenfassende Darstellung der Wirtschaftsbionik sowie verwandter Theorieansätze in Deutschland 29

3 Literaturanalyse 30

3.1 Methodik 30
3.1.1 Web of Science 30
3.1.2 Graue Literatur 32
3.2 Vorgehen 33
3.3 Wirtschaftsbionik und Managementbionik 34
3.3.1 Wirtschaftsbionik 34
3.3.2 Managementbionik 38
3.3.3 Biomimicry, Biomimesis, Biomimetic(s) 41
3.4 Allgemeine bionische Gestaltungsleitbilder 44
3.4.1 Adaptivität 46
3.4.2 Selbstorganisation 53
3.4.3 Resilienz 61
3.5 Biologische Konzepte in Wirtschaft/Management 68
3.5.1 Ecosystem 70
3.5.2 Schwarm(-intelligenz) 78
3.5.3 Ko-Evolution 84
3.6 Exkurs: Verwandte Theorieansätze 90
3.6.1 Evolutionsökonomik 90
3.6.2 Allgemeine Systemtheorie und kybernetische Ansätze 92
3.6.3 Industrial Ecology 95

4 Zusammenführung der Ergebnisse 97

4.1 Wirtschafts- und Managementbionik im engeren Sinn 97
4.2 Wirtschafts- und Managementbionik im weiteren Sinn 98

5 Implikationen für den Naturschutz 101

6 Resümee und Ausblick 104

6.1 Handlungsempfehlungen 105

7 Literaturverzeichnis 110

8 Anhang 115

8.1 Akteure (deutschsprachiger Raum) 115
8.2 Veranstaltungen (deutschsprachiger Raum) 120
8.3 Akteure (englischsprachiger Raum) 124
8.4 Graue Literatur (deutschsprachiger Raum) 128
8.4.1 Suchbegriff: Wirtschaftsbionik 128
8.4.2 Suchbegriffe: Wirtschaft Bionik, „Wirtschaft Bionik“, Wirtschafts-Bionik 130
8.4.3 Suchbegriff: Managementbionik 132
8.4.4 Suchbegriffe: Management Bionik, „Management Bionik“, Management-Bionik 134
8.4.5 Weitere Literatur 134
8.5 Graue Literatur (englischsprachiger Raum) 135
8.5.1 Suchbegriff: Biomimicry 135
8.5.2 Suchbegriffe: Biomimesis, Biomimetic(s) 136
8.5.3 Weitere Literatur 137

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Thematische Schnittbereiche im Feld der Wirtschaftsbionik 29
Abbildung 2: Jährliche Anzahl der Gesamtpublikationen im Web of Science....31
Abbildung 3: Publikationshäufigkeit wirtschaftswissenschaftlicher Fachartikel unter Bezug auf bionische Gestaltungsleitbilder....45
Abbildung 4: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Adaptivität....47
Abbildung 5: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Selbstorganisation 55
Abbildung 6: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Resilienz....63
Abbildung 7: Publikationshäufigkeit wirtschaftswissenschaftlicher Fachartikel unter Bezug auf bionische Gestaltungsleitbilder....69
Abbildung 8: Trophische Beziehungen in Ökosystemen 71
Abbildung 9: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Ecosystem 72
Abbildung 10: Dynamik schwarm-intelligenter Futtersuche....79
Abbildung 11: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Schwarmintelligenz 80
Abbildung 12: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Ko-Evolution 85
Abbildung 13: Wirtschafts- und managementbionische Gestaltungsleitbilder und korrespondierende Idealtypen....99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gestaltungsansätze und -prinzipien der Bionik....16
Tabelle 2: Ebenen des Lernens von der Natur....17
Tabelle 3: Zusammenfassende Aspekte der Literaturanalyse 33
Tabelle 4: Ebenen des Austauschs zwischen Biologie und Wirtschaftswissenschaften 104

0 Zusammenfassung der Studie

Anspruch und Zielstellung

Die vorliegende Kurzfassung der Literaturstudie Bionik verfolgt das Ziel zu überprüfen, inwieweit das bisher vor allem im Bereich technischer Innovationen erfolgreiche Konzept des „Lernens von der Natur“ auch auf wirtschaftliche Organisationen und wirtschaftliches Management übertragen wird bzw. inwieweit Entwicklungen erkennbar sind, die diese Übertragungsmöglichkeiten sinnhaft erscheinen lassen. Dementsprechend sollen aktuelle Erkenntnisse zur wissenschaftlichen und praxisorientierten Anwendung bionischer Konzepte, Methoden und Gestaltungsansätze im Bereich der Wirtschaft identifiziert und hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen abgeschätzt und bewertet werden. Ausgangspunkt und ein Analysepunkt ist die Feststellung, dass im Bereich der Anwendung die Bionik im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich gerade in jüngster Zeit eine „Erfolgsstory“ darstellt.

Allerdings, so ein vorweggenommenes Fazit, müssen die bionischen Ansätze über den ursprünglich für technische Innovationen besonders erfolgreichen Form-Funktionszusammenhang hinausgehen. Erst der Sprung von der organismischen auf die systemische Ebene (Populationen, Ökosysteme) eröffnet die wirklich interessanten Ansätze für eine Wirtschafts- oder Managementbionik. Des Weiteren bilden potenzielle Implikationen für den Naturschutz und entsprechende Kommunikationsstrategien eine thematische Orientierung des Vorhabens.

Recherchestrategie und Methodik

Die Literaturstudie verfolgt zwei komplementäre Recherchestrategien. Dabei wird einerseits auf wissenschaftliche Fachliteratur insbesondere im Kontext entsprechender Journals und Monographien und andererseits auf die Suche nach sog. „grauer Literatur“ fokussiert, die zwar nicht die für wissenschaftliche Fach-Journale typischen Peer-Review-Prozesse durchlaufen hat, die aber ggf. neue Themen und Fragestellungen formuliert, die in der Folge auch den wissenschaftlichen Diskurs beeinflussen können.

Ein grundlegendes Problem bei der Analyse wirtschafts- und managementbionischer Literatur besteht darin, dass die Literatursuche nach entsprechenden Begriffen nicht sehr weit führt, da Begriffe wie „Bionik“ als solche, aber auch ihm verwandte Formen wie „Biomimetik“, „Lernen von der Natur“ etc. zumeist nur in eng gefassten Zirkeln verwendet werden. Aus diesem Grund bringt es der Analysefokus auf das thematisch noch sehr junge und weitgehend unbearbeitete Feld der Wirtschafts- bzw. Managementbionik mit sich, dass nur wenige wissenschaftliche Artikel existieren, die sich explizit auf diese Begrifflichkeit beziehen.

Neben der Analyse der grauen Literatur besteht ein zentraler Ansatz dieser Studie deshalb vor allem darin, nach bionischen Prinzipien und Ansätzen nicht in einem engen, durch wenige Begrifflichkeiten determinierten Sinn zu suchen, sondern insbesondere die wirtschaftswissenschaftliche Literatur nach grundlegenden biologisch geprägten Ansätzen eines „Lernens von der Natur“ zu durchsuchen. In diesem Zusammenhang wurden eine Reihe allgemeiner bionischer Gestaltungsleitbilder und biologischer Konzepte im Kontext ihrer Anwendung auf wirtschaftsbezogene Fragestellungen analysiert. Als bionische Gestaltungsleitbilder werden dabei solche Prinzipien verstanden, die ursprünglich aus biologischen / natürlichen Kontexten stammen und in ihrer Übertragung auf wirtschaftsbezogene Zusammenhänge als Idealtypen evolutionär erprobter Muster für die Organisation von Komplexität bzw. der Kompensation externer Unsicherheiten darstellen (vgl. auch

Tabelle 2). Im Gegensatz dazu beschreiben bionische Konzepte abgrenzbarere Ansätze, die ebenfalls aus naturwissenschaftlichen Bereichen stammen und auf bestimmte wirtschaftsbezogene Problemstellungen angewendet werden. Die Trennschärfe zu den allgemeinen Gestaltungsleitbildern ergibt sich analytisch demzufolge aus der niedrigeren Reichweite der Erklärungsansätze biologischer Konzepte. Der Fokus dieses Analysestrangs war auf wissenschaftliche Veröffentlichungen gerichtet, weswegen die Recherche im Wesentlichen auf Datenbankabfragen des Web of Science (WOS) basiert, das alle Fach-Artikel der relevanten Wissenschaftsjournale integriert.

Um entsprechende Konzepte und Begrifflichkeiten, die zwar mit Bionik assoziiert werden können, sich jedoch nicht explizit darauf beziehen, in einen übergreifenden theoretischen Kontext einzubetten, wurden ergänzend zur eigentlichen Literaturrecherche Überblicke verwandter Theoriezweige erarbeitet. Diese entziehen sich zwar weitgehend der zuvor dargestellten Recherchestrategie, jedoch sind sie wesentlich darin begründet und verfolgen das Ziel, einen informativen Überblick über Herkunft, Ansätze, Thesen und Entwicklungslinien der jeweiligen Themenfelder unter dem Aspekt des „Lernens von der Natur“ zu skizzieren.

Zusammenfassend lässt sich das Vorgehen der Studie wie folgt darstellen:

Recherchegegenstand	**Suchstrategie und -medien**	**Angestrebte Ergebnisse**
Managementbionik / Wirtschaftsbionik im engeren Sinn	Identifikation wissenschaftlicher Artikel im WOS; Identifikation „grauer Literatur“ über Internetrecherche (Google, Google scholar, Google books)	Analyse aktuell relevanter Themen und Ermittlung zentraler Diskussions- und Entwicklungsstränge auf Basis ausgewählter Literatur
Assoziierte Gestaltungsleitbilder und Prinzipien bzw. Managementbionik / Wirtschaftsbionik im weiteren Sinn	Inhaltliche und bibliometrische Recherche wissenschaftlicher Artikel im WOS. Das Fundament dafür bilden Suchbegriffe, die in begründeter Nähe zu Wirtschafts- und Managementbionik stehen.	Zusammenfassungen zu den recherchierten Konzepten und damit verbundenen wirtschaftswissenschaftlichen Diskursen; Darstellung ausgewählter konkreter Artikel, die inhaltlich an Bionik angrenzen bzw. hohe wissenschaftliche Relevanz aufweisen; Überblick über generelle Anknüpfungspunkte zu Wirtschafts- und Managementbionik
Verwandte Theoriebereiche (z. B. Evolutorische Ökonomik, Industrial Ecology, Kybernetik)	Recherche jeweils relevanter Standardwerke und Orientierung an zusammenfassender Sekundärliteratur unter dem Aspekt des „Lernens von der Natur“	Kurzdarstellung der Ursprünge, Ansätze, Thesen und Entwicklungslinien der jeweiligen Theorien sowie Identifikation von bionischen Bezüge

Allgemeine Ergebnisse der Literaturanalyse

Ein zentrales Ergebnis der Analysestrategie, die auf Wirtschafts- und Managementbionik im engeren Sinn fokussiert, besteht darin, dass sich die zunächst vorgenommene Aufteilung der Begrifflichkeiten zwischen betriebs- und volkswirtschaftlichen Ansätzen nicht in den entsprechenden Rechercheergebnissen wiederfindet. Eine inhaltliche Differenzierung des Themenfeldes in betriebs- oder volkswirtschaftliche Stränge findet nicht statt. Beide Stränge werden in der Literatur größten-

teils im Bereich der Unternehmensforschung und -beratung verwendet und beziehen sich daher überwiegend auf Managementansätze, Wettbewerbsstrategien usw. Dies bedeutet zugleich, dass gerade in den unternehmensbezogenen bzw. managementorientieren Wissenschaftsbereichen die Bezugnahme auf aus der Biologie stammende Begriffe in besonderer Weise relevant ist. Dies ist ein Indiz dafür, dass das Potenzial einer bionischen Übertragung von Konzepten und Leitbildern in diesem Bereich besonders hoch ist, was sich bspw. darin verdeutlicht, dass Konstellationen interdependenter Abhängigkeiten in der Wirtschaft mitunter als Ökosystem beschrieben werden. Ein weiteres Analyseergebnis legt die Vermutung nahe, dass Wirtschafts- und Managementbionik derzeit noch kein eigenständiges, abgrenzbares Aktivitäts- bzw. Wissenschaftsfeld konstituieren. Zwar konnten einige Publikationen identifiziert werden, allerdings gehen diese Veröffentlichungen entweder auf eine vergleichsweise kleine Kerngruppe von Akteuren zurück, die sich exklusiv mit Themen der Wirtschafts- und Managementbionik auseinandersetzt, oder basieren auf Autoren, die ihren eigentlichen Fachhintergrund in angrenzenden Wissenschafts- oder Tätigkeitsfeldern haben[1] Die Überschneidung zu angrenzenden Wissenschafts- und Anwendungsfeldern bildet dabei gegenwärtig ein zentrales Charakteristikum der wirtschaftsorientierten Bionik, welches dazu führt, dass entsprechende Auseinandersetzungen entscheidend durch Diskurse aus den Bereichen der Kybernetik, Evolutionsökonomie, technologieorientierten Bionik und Schwarmintelligenz beeinflusst sind.

Dass im Rahmen der Bionik auch hinsichtlich wirtschaftswissenschaftlicher Fragestellungen prinzipiell eine Vielzahl möglicher Anknüpfungspunkte des Lernens von der Natur existiert, zeigt die Recherche nach wirtschaftsbionischen Ansätzen im weiteren Sinn. So wurde im Rahmen der vorliegenden Studie analysiert, inwiefern allgemeine bionische Prinzipien und darauf aufbauende Gestaltungsleitbilder wie „Adaptivität“, „Selbstorganisation“ oder „Resilienz“ sowie ein inhaltlicher Bezug auf „Ökosysteme“, „Schwarmintelligenz“ und „Ko-Evolution“ in wirtschaftsbezogenen Zusammenhängen Anwendung finden. Die Analyseergebnisse lassen auf der Basis vielfältiger Erkenntnisse mit einem durchaus unterschiedlichen Erklärungspotenzial einige zentrale Schlussfolgerungen zu:

– Insbesondere die betrachteten, an bionischen Prinzipien orientierten Gestaltungsleitbilder lassen sich trotz unterschiedlicher Wirkprinzipien und Erklärungsansätze gemeinsam dadurch charakterisieren, dass ihnen ein insgesamt großes Potenzial zur Kompensation von steigender Komplexität und zur Aufrechterhaltung der „Systemdienstleistungen“ unter turbulenten und unsicheren Umweltbedingungen attestiert wird. In diesem Sinn gelten Adaptivität, Selbstorganisation und Resilienz als Konzepte, um organisations- und systembezogene Struktur- und Prozessleistungen wie Flexibilität, Fehlerresistenz, Fehlerfreundlichkeit, Robustheit, Verlässlichkeit oder Effizienz zu gewährleisten.

– Bionische Konzepte können auf einer Vielzahl unterschiedlicher Systemebenen und -dimensionen angewendet werden. Sie zeichnen sich typischerweise zusätzlich dadurch aus, dass sie Erklärungsansätze für skalenübergreifende Wechselwirkungen und Abstimmungen, für das wechselseitige Zusammenspiel dieser Ebenen und Dimensionen bereitstellen. Wenn also zum Beispiel Adaptivität von Organisationen die Entstehung punktueller Marktgleichgewichte erklären kann, Selbstorganisation ein Konzept liefert, um die spontane Herausbildung emergenter Ordnungsstrukturen in vertrauensbasierten Unternehmensnetzwerken o. ä. zu beschreiben, oder Resilienz einen Idealtyp für die Balance aus Stabilität und Flexibilität von Wirt-

[1] Für junge, sich entwickelnde Felder ist dies eher der Normalfall: selbst die Autoren zu Anwendungen der Bionik im technischen Bereich haben letztlich einen anderen fachlichen Hintergrund und bezeichnen sich nicht als Bioniker.

schaftssystemen konkretisiert, wird offensichtlich, welche Reichweite und welches Potenzial bionische Prinzipien auch in den Wirtschaftswissenschaften haben können.

– Innerhalb der exemplarisch analysierten Gestaltungsleitbilder und Konzepte lassen sich verschiedene inhaltliche Verdichtungen feststellen. So beziehen sich bspw. Artikel zur Schwarmintelligenz zumeist auf ähnliche Thematiken wie solche zur Selbstorganisation und zum Ameisenrouting (Bewältigung von Komplexität); die Konzepte Resilienz, Adaptivität und Ko-Evolution konzentrieren sich hingegen eher auf die Bewältigung von externen und internen (auch skalenüberreifenden) Störimpulsen und die Aufrechterhaltung der Systemdienstleistungen. Diese thematischen Überschneidungen weisen darauf hin, dass bionikassoziierte Konzepte über gemeinsame inhaltliche Kerne verfügen, die trotz unterschiedlicher biologischer „Herkünfte“, Anwendungsbereiche und Erklärungsansätze eine Essenz smarter und nachhaltiger Organisations- und Systementwicklung definieren.

Bezogen auf die Begründung des Naturschutzes lässt sich vor dem Hintergrund der Potenziale natürlicher Vorbilder für organisations- und/oder wirtschaftsbezogene Gestaltungsansätze und vor allem auch technischer Innovationen feststellen, dass von der Bionik zweifellos eine gewisse Faszination ausgeht, die den Wert und die Vielfältigkeit der Natur unterstreicht. Insofern wird zwar deutlich, dass die Bionik schon lange als Begründung für den Naturschutz genutzt wird, allerdings ist weiterhin zu prüfen, inwieweit sie an Bedeutung gewonnen hat bzw. gewinnen kann, um der Begründung des Naturschutzes durch Bionik ein stärkeres Gewicht zu verleihen.

Ansatzpunkte zwischen bionischen Konzepten und den Zielen des Naturschutzes

Eine Verknüpfung zwischen Wirtschafts- bzw. organisationsbionische Ansätzen und den Zielen des Naturschutzes kann in zwei unterschiedlichen Dimensionen erfolgen: Erstens können nutzenorientierte Argumente durch Bionik erweitert werden und zweitens kann Bionik als Leitbild für eine naturverträglichere Form des Wirtschaftens fungieren.

1. Bionik unterstreicht im Sinne der Diskussion um Biodiversität das Argument eines anthropozentrischen Mehrwerts der Natur. Dies betrifft gleichermaßen die technik- und wirtschaftsbezogene Ausgestaltung des Bionik-Konzeptes und knüpft bspw. an eine ökonomische Bewertung von Ökosystemdienstleistungen (The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB) oder die Begründungen des Naturschutzes durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) an. Deckt Bionik im Kontext der TEEB-Diskussion den Wert der biologischen „Baupläne“ und Organisationsprozesse („Innovationspool Natur“) auf, die in Übertragung auf Wirtschafts- bzw. Techniksysteme einen verwertbaren Qualitäts- und Innovationssprung darstellen können, erfüllt die durch den SRU (2002) formulierte Informationsfunktion der Bionik eher den Zweck, über die Vermittlung in technischen und organisationsbezogenen Artefakten die Faszination und Anerkennung für die biologischen Vorbilder zu stärken. In diesen Zusammenhang sind bspw. auch die Publikationen zur (technikbezogenen) Bionik bzw. den Potenzialen der Natur durch den WWF (1993) einzuordnen. Die vorliegende Literaturstudie belegt mit ihrem Fokus auf wirtschaftsbezogene Bionik, dass die nutzenorientierte Argumentation für Naturschutz auf Bereiche der Gestaltung von Wirtschaftssystemen (Organisationen, Netzwerke, Märkte usw.) ausgedehnt werden kann und Konzepte wie Schwarmintelligenz, Resilienz oder Selbstorganisation in diesen Kontexten einen Mehrwert darstellen, dessen Ursprung in der Natur bzw. in biologischen Vorbildern liegt.

2. Bionik liefert außerdem leitbildorientierte Argumente für die Ziele des Naturschutzes. Hierbei geht es im Wesentlichen darum, Wirtschaftssysteme im Sinne anthropozentrischer Stoffströme

so zu gestalten, dass sie sich in natürliche Ökosysteme einpassen oder zumindest keinen (bzw.: einen geringeren) ökologischen Schaden anrichten. Bionik dient in diesem Zusammenhang als Leitbild für ein naturverträgliches Wirtschaften, das bspw. auch im Rahmen der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (BMU 2007, S.43) als konkrete Vision identifiziert wurde. Vermittelt über eine naturverträglichere Technik (technische Innovationen) und eine nachhaltigere Struktur und Organisation des Wirtschaftens (prozedurale, strukturelle und organisationale Innovationen) nach dem Vorbild der Natur können bionische Ansätze einen wichtigen Beitrag leisten zum Umbau des Wirtschaftens in Richtung Nachhaltigkeit. Als besonders vielversprechend dürften sich „systemische“, auf Stoffkreisläufe orientierte Konzepte in der Wirtschafts- bzw. Organisationsbionik erweisen. So wäre bspw. eine konsequente Umsetzung des am Vorbild der Natur orientierten Ansatzes einer Industriellen Ökologie („Industrial Ecology“) im Stande, das Verhältnis zwischen ökonomischen und ökologischen Systemen grundlegend zu verändern und zu harmonisieren.

1 Was ist Bionik?

Das Grundmotiv der Bionik liegt im Lernen von der Natur und dient den Menschen insofern seit Jahrhunderten als Lösungsstrategie für technische, gestalterische und organisatorische Probleme. Erste systematische Versuche der Übertragung biologischer Konstruktionsprinzipien auf technische Artefakte bilden die Versuche Leonardo da Vincis, die Anfang des 16. Jahrhunderts den Vogel- und Fledermausflug analysieren und, zumindest in Ansätzen, in technische Konstruktionen (Fluggeräte, Hubschrauber, Fallschirme etc.) überführen. Weitere historische Beispiele, die als wegweisende Anwendungen für die heutige Bionik verstanden werden, liegen in den Bereichen des Schiffbaus (16. Jh.) oder der Erfindung von Alltagsgegenständen wie Stacheldraht (1886) oder Klettverschlüssen (1948), die ebenfalls, wenn auch eher zufällig, durch natürliche Vorbilder inspiriert wurden (Braun 2007).

Die Gemeinsamkeit dieser Anwendungsbeispiele liegt in der Erfassung und Übertragung von biologischen Form- und Funktionszusammenhängen auf technische Aspekte. Insofern erscheint die Begrifflichkeit der Bionik („Bionics“) als Zusammenschluss aus Biologie und Technik eine treffende Bezeichnung für solche Bestrebungen, die sich am Lernen von der Natur orientieren. Der konkrete Begriff der Bionik wurde erstmals 1960 durch den Luftwaffenoffizier J.E. Steele auf dem Kongress “Bionics-Symposium: Living prototypes – the key to new technology” in Dayton / Ohio geprägt:

„[Bionik] erforscht Systeme, deren Funktion natürlichen Systemen nachgebildet ist, die natürlichen Systemen in charakteristischen Eigenschaften gleichen oder ihnen analog sind.“ (Gleich u. a. 2007, S.15)

1.1 Begriffsbestimmung

In der Folge der ersten Begriffsprägung im Jahr 1960 erfolgten diverse Versuche, die Bionik zu definieren (ebd.). In diesem Zusammenhang waren für den deutschen Diskurs insbesondere die Definitionen aus einem Workshop des VDI (Neumann 1993) sowie fast zehn Jahre später die darauf bezogene Erweiterung durch Nachtigall (2002) von besonderer Bedeutung:

„*Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.“* (Neumann 1993, S.10)

„*Dazu gehör[t] auch […] die wirtschaftlich-technische Anwendung biologischer Organisationskriterien“* (Nachtigall 2002, S. 3)

Es wird deutlich, dass sich Bionik nicht ausschließlich, wie es die ursprüngliche Wortschöpfung suggeriert, auf die Gestaltung technischer Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien bezieht, sondern dass der Ansatz eines Lernens von der Natur auch auf organisationale und organisatorische Fragestellungen aus Bereichen wie Unternehmensmanagement, Markt- und Wettbewerb oder Logistik anwendbar ist. Auf diesem „systemischem“ Pfad bionischer Entwicklungen ist auch die Wirtschaftsbionik zu verorten.

Es ist jedoch zu beachten, dass bis heute keine allgemein geteilte Definition der Bionik existiert und die systematische Konkretisierung des Grundmotivs „Lernen von Natur“ durchaus Probleme birgt. Dies liegt neben den Unterschieden zwischen den bereits geschilderten Orientierungen auf

einerseits technische, auf Form-Funktionszusammenhänge bezogene Fragestellungen auf der organismischen Ebene und andererseits auf systemische, organisationsbezogene Fragestellungen auf der Ebene von Populationen und Ökosystemen und nicht zuletzt auch an dem breiten Spektrum der Abstraktionswege und -formen beim Versuch des „Lernens“ von einem natürlichen Vorbild (Gleich u. a., 2007). Kapitel 1.2 greift diese Aspekte im Folgenden auf.

1.2 Kategorisierung und Typisierung

Die Anwendung bionischer Prinzipien kann in unterschiedlicher Weise erfolgen und dabei verschiedene Ansätze verfolgen. In diesem Zusammenhang kann der bionische Verweis auf ein natürliches Vorbild sowohl als Metapher, Analogie, Imitation oder als wissenschaftlich fundiertes methodisches Vorgehen genutzt werden. Tabelle 1 fasst diese Ausprägungen bionischer Übertragungen, bionischen Lernens oder bionischer Gestaltungsansätze analytisch zusammen, wobei zu beachten ist, dass einzelne Kategorien in der praktischen Anwendung nur selten trennscharf zu unterscheiden sind:

Bionischer Ansatz	**Prinzip**	**Beispiele**
Bionik als Metapher	Sinnbildlicher Verweis auf biologische Vorbilder	Personalmanagement in Unternehmen (bspw. Chef als Löwe oder Alpha-Tier)
Bionik als Analogie	Strukturähnlichkeit zwischen biologischen Formen und Funktionen und technischen bzw. organisationalen Gestaltungsobjekten	Bionischer Leichtbau (inkl. Berücksichtigung der verschiedenen Funktionskontexte, wie bspw. Autofelgen nach dem Vorbild von Foraminiferengehäusen
Bionik als Imitation	Vorwiegend technischer Nachbau biologischer Vorbilder	Selbstreinigende Oberflächen Flugdrohnen, humanoide Roboter
Bionik als Methode	Systematisierte Suche, Analyse und Erklärung biologischer Funktionszusammenhänge (einschließlich ihrer relevanten Kontexte) zum Zweck der (Auslotung von Möglichkeiten und Grenzen einer) Übertragung auf konkrete technische / organisationale Problemlösungen	Wissenschaftlich gestützte Innovationsmethodik z. B. bei der aerodynamischen Gestaltung von Fahrzeugen oder bei der Entwicklung hierarchisch strukturierter Werkstoffe oder funktionalisierter Oberflächen

Tabelle 1: Gestaltungsansätze und -prinzipien der Bionik

Im Unterschied zu den drei erstgenannten Aspekten, die insbesondere unterschiedliche Qualitäten und Konkretisierungsgrade bionischer Ableitungen kennzeichnen, betrifft der Ansatz der Bionik als Methode ein allgemeines Gestaltungsprinzip der Technik- und Prozessentwicklung im Innovationsprozess. Bionik erfüllt dann einen Anspruch als wissenschaftliche Innovationsmethodik, wenn biologische Vorbilder gezielt nicht nur als Ideengeber fungieren, sondern wenn die biologischen (und in der Regel auch die darunter liegenden physikalisch-chemischen) Zusammenhänge verstanden sind, und wenn vor allem auch die Möglichkeiten und Grenzen einer Übertragbarkeit nachvollziehbar reflektiert wurden. Dies trifft dann zu, wenn Lösungen für konkrete Problemstellungen herange-

zogen werden und zuvor die relevanten Wirkungszusammenhänge systematisch analysiert und auf Übertragbarkeit hin geprüft wurden.

Eine weitere Typisierung bionischer Konzepte entwickeln Gleich u. a. (2007), indem sie das Grundmotiv des Lernens von der Natur in drei Abstraktionsebenen ausdifferenzieren. Die Referenz der Typisierung bilden dabei die Ergebnisse, Prozesse und Prinzipien der Evolution, die jeweils als Inspiration für technische und organisationsbezogene Innovationen dienen können. Tabelle 2 verdeutlicht die Ebenen des Lernens von der Natur und ergänzt entsprechende Prinzipien und Beispiele:

Lernebene	**Prinzip**	**Beispiele**
# 1: Lernen von den Ergebnissen der Evolution	Erfassung von Form- und Funktionszusammenhängen	Lotuseffekt, Fallschirm, Stromlinienform
# 2: Lernen vom Evolutionsprozess	Bioanaloge Optimierungsverfahren, Variation, Mutation & Selektion	Evolutionäre Algorithmen, Schwarmintelligenz
# 3: Lernen von den (Erfolgs-) Prinzipien der Evolution	Leitbilder für Gestaltung von Technik und Organisationsprozessen	Kontextgebundenheit / energetischer und stofflicher Opportunismus, Adaptivität, Selbstorganisation

Tabelle 2: Ebenen des Lernens von der Natur

Die Beziehung zwischen den Ebenen des Lernens ist durch einen Zuwachs an Komplexität und Abstraktion gekennzeichnet. Geht es beim Lernen von den Ergebnissen der Evolution primär um eine Form- und Funktionsmorphologie zwischen den biologischen Vorbildern und davon abgeleiteten Wirkungszusammenhängen, betrifft die zweite Ebene des Lernens bereits das ungleich komplexere Spannungsfeld zwischen den Evolutionsmechanismen und -prozessen. Dabei geht es um die Nachahmung von Evolutionsprozessen, von biologischen Auswahl- und Variationsverfahren, wobei sich die evolutionäre Fitness in ihrer Ableitung auf die Optimierung technischer und organisationaler Zusammenhänge bezieht (vgl. z. Bsp. Rechenberg 1994). Die evolutionären (Erfolgs-)Prinzipien auf der dritten Lernebene bilden die derzeit abstrakteste, jedoch auch verheißungsvollste Ausprägung der Bionik. Sie entsprechen idealtypischen Leitbildern für bionische Entwicklungen, die die Erfolgsprinzipien der Evolution widerspiegeln und deren Übersetzung in „künstliche“ Artefakte und Systeme zwar einerseits höchst komplex ist, andererseits aber auch den Anforderungen an Nachhaltigkeit gerecht wird.

Die benannten Versuche der Strukturierung bionischer Gestaltungskonzepte überschneiden sich in gewisser Weise, wobei insbesondere die erste Ebene des Lernens von den Ergebnissen der Evolution derzeitig als Dach für die meisten bionischen Gestaltungsansätze gelten kann. Dies liegt vor allem daran, dass diese Ebene bisher die unmittelbarsten Ansätze für technische und organisationale Entwicklungen liefert. Zukünftig ist jedoch davon auszugehen, dass auch die höheren Ebenen des Lernens von der Natur von wachsender Relevanz für konkrete Gestaltungsprozesse sein werden. Tendenzen wie die Konvergenz technologischer Entwicklungsstränge (vgl. Petschow & Pissarskoi 2010) oder steigender Komplexität in organisationalen bzw. unternehmerischen Umwelten (hier i. S. v. Umgebungen) führen zu einem erhöhten Bedarf für die multiple Koordination technischer Einheiten bzw. flexibler Organisationsmuster. In dieser Hinsicht bieten gerade die (Erfolgs-) prinzipien der Evolution oder bioanaloge Optimierungsverfahren Potenziale für den Umgang mit steigender Komplexität und Unsicherheit in technischen und/oder organisationalen Systemen.

1.3 Bionik und Naturschutz

Im Bereich der technischen Bionik kann festgestellt werden, dass die Kommunikation des „Leistungsvermögens“ der Natur und deren Bedeutung gerade auch für technische Entwicklungen von großer Bedeutung sind. Dies gilt umso mehr, als die technische Entwicklung in vielen Bereichen zunehmend über Eigenschaften verfügen soll, die gerade auch der „Natur“ zugeschrieben werden (Self-X Eigenschaften[2]). Von einzelnen Autoren wird bspw. auf die „Biologisierung der Technik“ verwiesen (Arthur 2009). Damit wird deutlich, dass sowohl die Technik als auch deren Steuerungsform „biologischer“ werden.

Es ist allgemein festzustellen, dass von der Bionik eine gewisse Faszination ausgeht. Umweltorganisationen, die i. d. R. eher zurückhaltend in Bezug auf den Einsatz von neuen Technologien sind, werden mit der Verbindung von Technik und Natur proaktiv und veröffentlichen Publikationen zur Bionik bzw. den Potenzialen der Natur für die technische Entwicklung (WWF 1993). Diese Veröffentlichungen vermitteln dabei zumeist Bilder, die einerseits für die technologischen Entwicklungen nach dem Vorbild der Natur begeistern sollen und anderseits in gleicher Weise die Innovationskraft und Finesse der Flora und Fauna unterstreichen. Ergänzend zu diesen Veröffentlichungen, die die Besonderheit der Natur primär über Bilder vermitteln, führt die tiefere und systematische Auseinandersetzung mit bionischen Innovationsansätzen sicherlich zu der nachhaltigeren Überzeugung, dass es sich bei der Natur um ein schützenswertes und wertvolles Gut handelt. Der Nutzen der Natur wird durch ihre tragende Rolle in bionischen Gestaltungsansätzen also hervorgehoben. Anschluss an aktuelle Diskussionen im Bereich Naturschutz findet dieser Umstand bspw. im Kontext der ökonomischen Bewertung von Ökosystemdienstleistungen (The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB). Bionik deckt hier den ökonomischen Wert der biologischen „Baupläne“ und Organisationsprozesse („Innovationspool Natur“) auf, die in Übertragung auf Wirtschafts- bzw. Techniksysteme einen verwertbaren Qualitäts- und Innovationssprung darstellen können.

Ein zweiter Aspekt, der einen Zusammenhang zwischen bionischen Innovationen und Naturschutzbelangen aufdeckt, betrifft deren Auswirkungen: So werden bionische Lösungen in der Technik zumeist als ressourceneffizient bzw. -opportunistisch (Nutzung des Vorhandenen) und nachhaltig (solares Wirtschaften u. a.) charakterisiert, weswegen sie für die Natur eine potentiell geringere Belastung als andere Lösungen darstellen können. Indem diese Eigenschaft bionischer Innovation als ihr „Versprechen“ beschrieben wird, wird auch deutlich, dass die unterstellte Naturverträglichkeit im Einzelfall spezifisch nachgewiesen werden muss (Gleich u. a., 2007). Grundsätzlich liegt jedoch die Vermutung nahe, dass Bionik einen Gestaltungsansatz für Technologien und Organisationsformen darstellt, der im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen die tendenziell nachhaltigeren Alternativen liefert.

[2] Unter Self-X Eigenschaften werden Aspekte gefasst wie selbst-erklärend, selbst-heilend, selbstorganisierend etc.

2 Anwendungsbereiche der Bionik: Technik und Wirtschaft

Es wurde bereits deutlich, dass sich im Wesentlichen zwei Anwendungsfelder für bionische Gestaltungsprozesse, nämlich Technik und Organisation, identifizieren lassen. Gilt die Entwicklung bionischer Innovationen im Bereich der Technik bereits als etablierte Strategie für die Produktentwicklung, steckt die Rolle der organisationsbezogenen Bionik bisher eher in den Kinderschuhen. Indem der Fokus dieses Anwendungsfeldes auf Unternehmen, deren Organisationsstrukturen, ihren Prozeduren und Kompetenzen sowie ihren Beziehungen zu Märkten, Branchen etc. liegt, konstituiert er die Basis für das Feld der Wirtschaftsbionik.

Die Abgrenzung zwischen den beiden Innovationsfeldern ist dabei nicht trivial, da sie durchaus Schnittbereiche aufweisen: Zwar hat bspw. der technisch genutzte Lotuseffekt vermutlich keinen direkten Einfluss auf das Management von Unternehmen, jedoch sieht dies mit Blick auf bionische Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik (der IKT) schon anders aus, da diese ggf. in stärkerem Maßen die Möglichkeiten des (auch bionischen) Managements deutlich erweitert. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass mit einigen neuen technischen Möglichkeiten auch deutlich flexiblere Managementformen (im Sinne einer Wirtschaftsbionik) ermöglicht werden.

Im Bereich der unternehmensbezogenen Wirtschafts- und Managementbionik können Ansätze des Lernens von der Natur einen Beitrag zur Nachhaltigkeit von Unternehmen insbesondere in turbulenten Umwelten leisten. Unklar ist allerdings, inwieweit damit ein Beitrag zur umweltorientierten Nachhaltigkeit generell geleistet werden kann (vgl. Kapitel 5). So muss davon ausgegangen werden, dass dazu eine Anpassung der Stoff- und Energieströme zu erfolgen hat. Insofern sind im Sinne eines so verstandenen Beitrags bionischer Managementansätze zum Umbau des Wirtschaftens in Richtung Nachhaltigkeit insbesondere folgende drei Beiträge denkbar: (i) (Wirtschafts-) Bionik als Ansatz, den Einzelunternehmen Instrumente/Strategien an die Hand zu geben, um in zunehmend turbulenten Umwelten überlebensfähig zu bleiben, (ii) Industrial Ecology als Ansatz, die Quantität und die Qualität der Energie- und Stoffströme nachhaltiger zu managen und schließlich (iii) die Verbindung beider Elemente.

2.1 Technische Innovationen in der Bionik[3]

In starker Vereinfachung lassen sich drei zeitliche und vom Ansatz her unterscheidbare Hauptstränge der Bionik ausmachen, wobei der dritte Strang maßgeblich zur Überwindung von Restriktionen der beiden vorhergehenden beizutragen vermag. Bei diesen drei Strängen handelt es sich um a) die Funktionsmorphologie – Form und Funktion, b) die Biokybernetik – Informationsverarbeitung, Sensorik und Robotik, sowie c) die Nanobionik – molekulare Selbstorganisation und Nanotechnologie. Diese drei Stränge werden im Hinblick auf ihre Bedeutung im Rahmen der Bionik als Innovationsmethodologie in der Folge kurz dargestellt.

[3] Zu den folgenden Ausführungen über technische Innovationen in der Bionik vergleiche ausführlicher Gleich u. a. 2007

2.1.1 Funktionsmorphologie

Der erste und älteste Entwicklungsstrang fokussiert auf den Zusammenhang zwischen biologischen Formen bzw. Strukturen und deren Funktion. Zu den bisher größten Innovationserfolgen dieser Linie gehören der Fallschirm, der Auftrieb erzeugende Flugzeugflügel, die Stromlinienform sowie der Klettverschluss. Solange sich die wissenschaftlichen Naturbeobachtungen im makroskopischen Bereich bewegten, konnten technische Umsetzungen in eben dieser Dimension mit den jeweils verfügbaren Techniken und Materialien insbesondere dann recht gut gelingen, wenn die interessante Funktion v. a. an die Form und weniger an das Form gebende Material gebunden war. Für die Auftriebsfunktion eines Flugzeugflügels ist vor allem seine Form entscheidend, seine technische Realisierung in einem nicht-biologischen Material ändert daran wenig. Interessant ist zudem, dass viele Erfolgsbeispiele in diesem Form-Funktions-Strang aus dem Bereich der Fluiddynamik stammen. Dies führt zu einer zweiten Erfolgsvoraussetzung. Ein Teil der Errungenschaften der Bionik im Bereich der Fluiddynamik ist der Tatsache geschuldet, dass der bionische Ansatz Restriktionen der mathematisch-experimentellen Physik zu kompensieren in der Lage war. Weder die analytischen noch die neueren numerischen Modelle der Strömungsmechanik waren bisher in der Lage, das Verhalten von Strömungen exakt genug zu berechnen bzw. vorherzusagen, um sozusagen am grünen Tisch Optimierungen vornehmen zu können. Letztendlich musste bisher immer noch ein empirisch-experimenteller (ausprobierender) Optimierungsprozess im Strömungskanal durchgeführt werden – und bei einem solchen „Ausprobieren“ hat die Evolution tatsächlich einen riesigen Vorsprung.

Je mehr sich allerdings die Forschungen zum Zusammenhang von Struktur und Funktion vom makroskopischen in den mikroskopischen, bis hinein in den Nanobereich verlagerten, desto größer wurden die fertigungstechnischen Umsetzungsprobleme. Sie gehören heute zu den wichtigsten Restriktionen für weitreichende Innovationen in diesem Feld. Hochinteressante Entdeckungen, bspw. aus den Bereichen der Oberflächenstrukturierung und der funktionalisierten Grenzflächen in biologischen Systemen (wie u. a. Haihaut/Ribletfolie, Lotuseffekt und Antifouling) können bisher fertigungstechnisch nicht so umgesetzt werden, dass die Qualität des technischen Produkts mit der des natürlichen Vorbilds vergleichbar wäre. Bei diesen Beispielen ist aber gerade die technische Umsetzungsqualität für die erwünschte Funktionalität und damit auch für den Innovationserfolg definitiv entscheidend.

Für die Fertigung mikro- bzw. nanostrukturierter Oberflächen und erst recht für die Herstellung hierarchisch strukturierter biologischer Materialien nach dem Vorbild der Natur wie z. B. Knochen, Zähne, Perlmutt oder Spinnenseide wird eine grundlegende Veränderung unseres Produktionsparadigmas unvermeidbar sein. Wurde im ersten Fertigungsparadigma aus einem vorgegebenen Material (bspw. Stein oder Holz) eine Form herausgeschnitten, so wurde im darauf folgenden Paradigma zunächst der Werkstoff (bspw. Metalle oder Beton) homogenisiert und dann in eine Form gegossen bzw. in Form gepresst. Hierarchisch strukturierte Materialien sind aber auf diese Weise nicht zu realisieren, hierfür ist eine drittes Fertigungsparadigma nötig, das „Wachsen lassen“. Für die Herstellung von hierarchisch strukturierten Materialien dürften nur Selbstorganisationsprozesse weiterhelfen, das bionische Lernen kann sich folglich nicht mehr nur an der Form, sondern muss sich auch am biologischen Prozess ihrer Entstehung orientieren, also an biologischen Entwicklungs- bzw. Wachstumsprozessen. Entsprechende technologische Perspektiven können sich im dritten Strang der Bionik mit den Bottom-up-Nanotechnologien eröffnen.

2.1.2 Signal- und Informationsverarbeitung, Biokybernetik, Sensorik und Robotik

Während sich der erste Strang um den Zusammenhang zwischen Form und Funktion dreht, ist für den zweiten Strang der kybernetische Regelkreis charakteristisch. Ähnlich wie in der technischen Biologie standen zunächst aus der Technik entlehnte Modelle zur Erklärung „biologischer“ Phänomene Pate. Die grundlegenden Ansätze und Modelle der Biokybernetik, Sinnes- und Neurophysiologie sowie der Ökosystemtheorie wurden zunächst in biologiefernen, technischen Bereichen wie der Elektrotechnik entwickelt (Schwingkreise, Rückkopplungseffekte und Regelkreise sowie Sensoren und Aktoren). Erst mit ihrer Hilfe konnten dann wichtige Fortschritte in der Biologie, v. a. in der Biokybernetik, der Sinnesphysiologie und Neurophysiologie, bis hin zur Hirnforschung erzielt werden, welche dann wiederum positiv auf die (nicht nur bionische) technische Entwicklung in der Sensorik, der Informationsverarbeitung und Robotik zurückwirkten. Letztlich war und ist vor allem in weiten Teilen der Sensorik, der Robotik und der Informationsverarbeitung bis hin zur Künstlichen Intelligenz (KI) der Mensch das bisher unerreichte Vorbild.

In den vergangenen Jahren ist es allerdings, nach der anfänglichen Euphorie um die Künstliche Intelligenz bedeutend ruhiger geworden. Wenn man aber aus guten Gründen aktuelle Ansätze wie dezentrale Steuerung, Neuronale Netze bzw. allgemeiner „organic computing“ zu den bionischen Lösungen mit natürlichem Vorbild zählt, so scheint sich in diesem zweiten bionischen Strang derzeit wieder eine Aufbruchsstimmung auszubreiten, weil insbesondere mit Hilfe der erwähnten bionischen Ansätze zur Komplexitätsbewältigung einige der inzwischen angesammelten Restriktionen im Bereich der Signal- und Informationsverarbeitung und der Robotik überwunden werden können. Dieser zweite, eher biokybernetische Strang der Bionik scheint also das Erbe der KI anzutreten und zudem über die Verschmelzung von Robotik, Sensorik und Prothetik Fahrt aufzunehmen.

2.1.3 Nanobionik – Molekulare Selbstorganisation und Nanotechnologie

Der dritte und jüngste Entwicklungsstrang der Bionik ist auf der molekularen und Nanoebene angesiedelt. Auch dieser Strang kann bereits auf eine längere Vorgeschichte zurückblicken. Nicht zuletzt getragen vom Schub in der Nanotechnologie insgesamt, scheint ihm aber erst derzeit der Durchbruch zu gelingen (vgl. bspw. Spinnenseide, Biomineralisation, funktionalisierte Oberflächen, Templat-gesteuerte Kristallisation, Neurobionik, Nanobionik usw.). Der nanobionische Strang fokussiert auf Prozesse der molekularen Selbstorganisation sowie die (ontogenetische) Entwicklung von Molekülen, Zellen und Geweben einschließlich deren Umgestaltung (Reaktion auf Beanspruchung) und (Selbst-)Heilung. Mit dieser dritten, gegenwärtig äußerst dynamischen Linie eröffnen sich vielversprechende Lösungsansätze nicht zuletzt auch für die (fertigungs-)technischen Restriktionen des ersten Strangs. Sie eröffnen insbesondere Ansätze für die Herstellung hierarchisch strukturierter, anisotroper Werkstoffe nach dem Vorbild von Knochen, Zähnen oder Pflanzenhalmen. In der weiteren Entwicklungsperspektive liegen intelligente („smarte“) Materialien, die auf unterschiedliche Belastungen reagieren und sich ggf. auch selbst heilen können. Von diesem eher entwicklungsbiologischen Strang der Bionik (Lernen von den ontogenetischen Entwicklungsprozessen) dürfte derzeit und wird in absehbarer Zeit von allen drei Entwicklungssträngen der Bionik die stärkste Dynamik ausgehen, sowohl mit Blick auf die innerwissenschaftliche Dynamik als auch mit Blick auf technische Umsetzungsmöglichkeiten.

2.1.4 Konvergenz der Entwicklungsstränge

Schließlich kann die Tendenz zur Konvergenz der drei wichtigsten bionischen Entwicklungsstränge beobachtet werden. Diese Konvergenz hat ihr Pendant in einer breiteren Bewegung zur Konvergenz gerade derjenigen Hochtechnologien, in denen ein „Lernen von der Natur“ zu den am weitesten fortgeschrittenen Forschungs- und Entwicklungsansätzen gehört. Es sind dies die Informations- und Kommunikationstechnologien, die Nanotechnologien, die Biotechnologien, die Materialwissenschaften, die Robotik und die Kognitionswissenschaften. Prominent wird dieses Thema derzeit unter dem Schlagwort der „converging technologies“ diskutiert. Es spricht einiges dafür, dass bionischen Ansätzen im Rahmen dieses Verschmelzungsprozesses eine wesentliche Rolle zukommen wird. In all den genannten Bereichen haben schließlich Begriffe wie Selbstorganisation, Adaptivität, Selbstheilung und Selbstoptimierung einen sehr hohen Stellenwert.

2.1.5 Zusammenfassung: Technologische Potenziale des Lernens von der Natur

In Rahmen der schon erwähnten Studie der Uni Bremen in Zusammenarbeit mit dem IÖW wurden zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungspotenziale auch relevante Foresightstudien analysiert. In diesen war in der Regel kaum von Bionik selbst die Rede, aber umso mehr von der Orientierung am Vorbild der Natur bzw. vom „Lernen von der Natur“. Natürliche Vorbilder spielen insbesondere in folgenden Feldern eine wichtige Rolle: 1. Materialwissenschaften und Nanotechnologien (Biomaterialien, komplexe Polymere, intelligente (smarte), adaptive und selbstheilende Materialien, self assembly), 2. Medizintechnik (Prothetik, biokompatible Materialien, Gewebezüchtung, Diagnostik), 3. Robotik und Lokomotion sowie 4. Sensorik und Informationsverarbeitung (Nano- und Biosensoren, Bioelektronik, Biocomputer, Netzwerkarchitektur, fehlertolerante und selbstreparierende Systeme, neuronale Netze, organic and autonomic computing, evolutionäre Algorithmen, künstliche Intelligenz)[4] und schließlich in den technologischen Konvergenzen (vgl. Key Technologies Expert Group 2005; Priami, C., 2005). Bemerkenswert ist zudem der mehrfache Hinweis auf das Problem der „Bewältigung von Komplexität“ in diesen Studien. Sie wurde als Aufgabe mit zunehmender Bedeutung herausgearbeitet, verbunden mit der Hoffnung, dass bionische bzw. biomimetische Ansätze hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten können.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analysen der Technologieprognosen wurden im Rahmen der Studie der Universität Bremen und des IÖW auch Kurzfallstudien zu den folgenden Wissenschaftsbereichen durchgeführt: Materialwissenschaften, IT, Robotik, Sensorik, Prothetik und Gewebezüchtung, NanoBio, Konvergenztechnologien. Ähnlich wie in den Foresightstudien wurde in der ausgewerteten Literatur und in den Patenten nicht in allen untersuchten Bereichen explizit auf die Begriffe wie Bionik bzw. Biomimetik Bezug genommen. Jedoch ergab sich aus allen Fallstudien ein Bezug auf das Potenzial, von der Natur und ihren Prinzipien zu lernen. Letzteres bezieht sich meist auf Herausforderungen im Umgang mit adaptiven, selbstorganisierenden, smarten bzw. allgemein intelligenten Anwendungen[5]. Zu den im Sinne der Bionik bzw. Biomimetik interpretierbaren

[4] Vgl. dazu ausführlich: IÖW/Universität Hannover/Freie Universität Berlin / Kanzlei Dr. Erben (2010): Selbstorganisierende adaptive Systeme - Analyse der Chancen und Risiken sowie der Gestaltungsansätze neuer IKT Ansätze. Studie im Auftrag des BMBF

[5] Dazu gehört auch z.B. die hierarchische Strukturierung organischer Materialien bzw. Werkstoffe.

Begriffen in der allgemeinen Sensorik-Fachliteratur gehören Bezeichnungen wie intelligent, smart, lernend, selbstkalibrierend, -überwachend, -optimierend, -testend und autark. Auch die Anforderungen an die Geruchs- und Geschmackssensorik, an Sonare, Elektroortung, Dehnungssensoren oder Infrarotdetektoren orientieren sich eindeutig am menschlichen oder tierischen Vorbild. Eng damit zusammen hängen die Ziele der Robotik, wenn es darum geht, Systeme zu schaffen, die mehrere für lebende Organismen charakteristische Funktionen erfüllen können, insbesondere die eigenständige (Fort-)Bewegung im Raum, die Wahrnehmung der Umwelt und die Reaktion auf Umweltreize sowie (situationsabhängiges) zielorientiertes Ausführen bestimmter Tätigkeiten. Im Bereich der Hard- und Software der Informations- und Kommunikationstechnologien geht es bei der Orientierung an natürlichen Vorbildern im Wesentlichen um Robustheit und Adaptivität (self-repair) sowie um einen angemessenen Umgang mit Komplexität (evolutionäre Algorithmen, neuronale Netze, organic und autonomous computing). Ziel sind IT-Systeme mit „Self-X-Eigenschaften“: selbst-konfigurierend, selbst-optimierend, selbst-heilend und selbst-schützend.

Neben Sensorik, Robotik, Informations- und Kommunikationstechnik weisen insbesondere die Entwicklungen in den Materialwissenschaften eine zunehmende Affinität zu biologischen Vorbildern auf. Die bionische Idee, von der Natur zu lernen, hat parallel zur, aber auch als Teil der Nanotechnologie und der „Computational Material Science“ in den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts Einzug in die Materialwissenschaften gehalten. Letztlich war es die Faszination, die von den bisher unerreichten Leistungen und Eigenschaftskombinationen biologischer Materialien ausging (anisotrop, hierarchisch strukturiert, intelligent, smart, adaptiv, selbstheilend), welche die Orientierung an natürlichen Vorbildern bestimmte. Besonders wichtig war dabei die über die Entwicklungen in der Bottom-up-Nanotechnologie aufkeimende Chance, mit dieser skalenübergreifenden Komplexität ingenieurtechnisch umgehen zu lernen und biomimetische Werkstoffe wirklich herstellen zu können. Eine wesentliche Gemeinsamkeit der Materialwissenschaften, der Nanotechnologien und der Bionik liegt in den ihnen innewohnenden Tendenzen zur Verschmelzung (bzw. Konvergenz) bisher getrennt verlaufender Technologielinien (converging technologies). Vieles spricht dafür, dass diese Tendenz zur Verschmelzung nicht vor allem in der Eigenlogik der jeweiligen technischen Entwicklungslinien (Trajektorien) ihren Grund hat (technology push), sondern eine Reaktion darstellt auf die immer komplexer werdenden Anforderungen aus der gesellschaftlichen Umsetzung ihrer Möglichkeiten (technology pull). So gesehen kann man die Materialwissenschaften, die Nanotechnologien und die Bionik mit ihrer Orientierung auf Komplexitätsbewältigung als besonders „moderne“ Technologielinien bezeichnen. Die Bionik spielt mit Blick auf die Konvergenztechnologien eine doppelte Rolle: Sie ist wesentliches Element zahlreicher Lösungsansätze, und sie ist ebenso wie die Materialwissenschaften und die Nanotechnologien ein Vorbild und Übungsfeld für derartige Konvergenzen.

Die Konvergenz ist logischerweise mit zunehmenden Schwierigkeiten einer Abgrenzung verbunden. Es wird immer schwieriger zu unterscheiden, ob wir es mit wirklich bionischen oder „nur“ biotechnologischen Forschungsansätzen zu tun haben. Am Beispiel der Spinnenseide kann dies verdeutlicht werden. Die Faszination, die von den Eigenschaften der Spinnenseide ausgeht und von der Art und Weise ihrer „Produktion“ im Organismus der Spinne, wird von allen geteilt. Für die Vertreter der Bionik ist es ein Leitbild, wie eine angepasste Produktion aussehen müsste. Im Hinblick auf angemessene bionische Herstellungsverfahren für Spinnenseide können die Meinungen dagegen weit auseinander gehen. Wenn das Gen für die Produktion von Spinnenseide in Ziegen eingepflanzt wird, die dann Spinnenseide in ihrer Milch produzieren sollen, geht dies einigen Bionikern deutlich zu weit. Auch die gentechnische Spinnenseidenproduktion auf Basis des Bakteriums E. coli stößt bei einigen auf deutliche Skepsis.

Die Frage nach der Qualität, nach möglichen Risiken, Neben- und Folgewirkungen bestimmter Herstellungsverfahren ist allerdings keine Besonderheit des Beispiels Spinnenseide. Sie hängt eng mit den Möglichkeiten zur molekularen Gestaltung auf der Nanoskala und noch enger mit der Konvergenz zwischen Nanotechnologien und Bio- bzw. Gentechnologien zusammen. Die drastisch erhöhte Eingriffstiefe in biologische Systeme führt zu einer ebenso drastisch erhöhten Gestaltungsmacht – und diese Eingriffstiefe und Gestaltungsmacht ist naheliegender Weise dann auch mit höheren Risikopotenzialen und mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von weit reichenden unerwünschten (und unerwarteten) Neben- und Folgewirkungen verbunden (vgl. zur Nanotechnologie Steinfeld u. a. 2007). Insbesondere im Bereich der Nanobiotechnologie und einer möglichen Nanobionik reichen die Ziele oft weit über die Nachahmung der Natur hinaus: Die Natur dient nicht allein als Vorbild für die Technikentwicklung, sondern es erfolgt ein Dreischritt: (i) Analyse der Natur (molekulare Maschinen), (ii) Analyse der technischen Anpassungsnotwendigkeiten für industrielle Prozesse, (iii) Anpassung der (molekularen Maschinen der) Natur an diese produktionstechnischen Vorgaben. In diesem Sinne gibt es einen Übergang von der Biomimetik (Technik nach dem Vorbild der Natur) zur „Technomimetik“ (biologische Systeme nach- bzw. umgebaut nach dem Vorbild der Technik). Damit lassen sich zwei Orientierungen unterscheiden mit vermutlich sehr verschiedenen Konsequenzen hinsichtlich der jeweils damit verbundenen Anwendungsperspektiven einerseits und Risikodimensionen andererseits: auf der einen Seite die Biomimetik, mit den biologischen Lösungen als Vorbild, und auf der anderen Seite die Technomimetik, welche die Plastizität biologischer Systeme auslotet und diese technisiert (vgl. bspw. die Ansätze der synthetischen und systemischen Biologie). Für beide Richtungen gilt, dass der Hinweis auf „evolutionäre Erprobtheit“ als Argument für eine sichere und naturverträgliche technische Lösung immer weniger seine Berechtigung hat, je weiter die technische Lösung sich vom natürlichen Vorbild bzw. vom natürlichen Ausgangssystem entfernt.

2.1.6 Fazit

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass im Bereich technischer Innovationen die Bedeutung der Bionik deutlich zunimmt, auch wenn sich viele Akteure selbst nicht unbedingt als „Bioniker“ verstehen. Die Orientierung am Vorbild Natur und an bionischen Prinzipien weist sie allerdings als Akteure aus, die bei der Frage nach der Bedeutung des bionischen Lernens von der Natur und bei der Frage nach einem möglichen Beitrag bionischer Ansätze zur Lösung drängender Probleme des Umwelt- und Naturschutzes auf jeden Fall berücksichtigt werden müssen. Diese zunehmende Bedeutung gründet sich auf zwei Entwicklungen: (a) die technische Entwicklung generell fokussiert in zunehmend stärkerem Maße auf flexiblere Lösungsansätze u. a. auf Self-X Eigenschaften[6], wie es insbesondere im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) zu beobachten ist und (b) die Erkenntnisse, die aus den Möglichkeiten der Analyse natürlicher, molekularer Strukturen bspw. durch Rasterelektronenmikroskope resultieren, finden in der Bionik einen anwendungsbezogenen Gestaltungsansatz.

[6] Am Beispiel der Entwicklungsdynamik im Bereich der Robotik lässt sich das gut aufzeigen.

2.2 Wirtschafts- und Managementbionik

Analog zu den Ansätzen technischer Innovationen in der Bionik ist im Laufe der vergangenen Jahre der Begriff der Wirtschaftsbionik geprägt worden. Eine Grundvorstellung der Vertreter der Wirtschaftsbionik besteht darin, dass die Vielfalt der (evolutionär erprobten) „Managementprozesse“ in der Natur geeignet sein können, Handlungsorientierungen für die Wirtschaft zu geben.

Gegenwärtig wird in der entsprechenden Literatur vorrangig auf die Managementbionik fokussiert, also auf bionische Ansätze, die für das Management von Unternehmen von Bedeutung sein können. Erst seit kurzem wird darauf verwiesen, dass die Bionik auch dazu geeignet sein könne, die Volkswirtschaften krisenstabiler zu machen (Blüchel & Sieger 2009). Im inhaltlichen Spektrum der Wirtschaftsbionik können insbesondere Tendenzen identifiziert werden, die auf einzel- bzw. betriebswirtschaftliche Fragestellungen fokussieren, wobei hier vor allem unternehmensbezoge Ansätze einer bionischen Gestaltung von Managementstrategien adressiert werden. Vereinzelt wird auch eine eher regional- bzw. volkswirtschaftliche Perspektive eingenommen, die zumeist mit theoretischen Zugängen aus den Bereichen der Evolutionären Ökonomie verknüpft ist.

Ergänzend zur Akzentuierung der benannten Ebenen erlangt vor allem auch die Verknüpfung dieser zunehmende Bedeutung. Die Verbindung von einzel- bzw. volkswirtschaftlichen Ebenen erfolgt dabei insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Umweltprobleme der Gesellschaften hauptsächlich durch die Quantität und Qualität der anthropogen verursachten Stoffströme verursacht werden. Dies wurde lange Zeit vorwiegend durch umweltpolitische Maßnahmen erreicht, in denen bspw. end-of-pipe Technologien zum Einsatz gekommen sind, was in der Folge allerdings mit Kosten und Problemverschiebungen verbunden war. Beide Aspekte, also die Minderung der Quantität und die Veränderung der Qualität der Stoffströme, stehen im Fokus der Umweltpolitik und beide Aspekte sind auch in der wissenschaftlichen und umweltpolitischen Diskussion von Bedeutung. Wichtige Konzepte sind in diesem Zusammenhang Koordinationsansätze, die in Anlehnung an die „Natur“ entwickelt wurden. So basiert bspw. der Ansatz und das Bild einer „Kreislaufwirtschaft“ mit ihrem „cradle to cradle Prinzip“ (McDonough & Braungart 2002) auf der Grundannahme, dass es in der Natur keine Abfälle gibt sondern statt dessen alles im Kreis geführt wird. Dies führt wiederum zur Leitidee, dass auch wirtschaftliche Stoffströme entsprechend gestaltet werden sollten. Einen wesentlich komplexeren Ansatz verfolgt die „Industrial Ecology“ mit ihrem Ziel der Einpassung der anthropogenen und die natürlichen Stoffströme (Ehrenfeld & Gertler 1997).

Neben diesen eher auf große Industriesysteme bezogenen Ansätzen sind in diesem Zusammenhang weitere Konzepte von Bedeutung, die insbesondere auf Strukturähnlichkeiten zwischen ökologischen und gesellschaftlichen Systemen abzielen. Damit werden Verbindungen zwischen Konzepten von natürlichen und menschgemachten Systemen hergestellt. So wird bspw. das Konzept der Resilienz (vgl. Kapitel 3.4.3) oder die Idee der „tipping points“ (Scheffer 2009) aus den biologischen Systemwissenschaften entlehnt und zunehmend auf technische (Infrastruktur-)Systeme sowie auf ökonomische und soziale Systeme zu übertragen versucht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Anknüpfungspunkte zwischen ökologischen und ökonomischen Ansätzen nicht zuletzt auf Grund der Umweltprobleme zunehmen und der Aspekt des „Lernens von der Natur“ an Bedeutung gewinnt. Die vorliegende Literaturstudie fokussiert den Bereich der Wirtschafts- und Managementbionik und wird aktuelle Entwicklungstendenzen, Forschungsschwerpunkte und damit verknüpfte wissenschaftliche Konzepte vorstellen. Bevor in den Kapiteln 3.3 bis 3.5 detailliert auf die Inhalte bionikbezogener Veröffentlichungen und Fachartikel eingegangen wird, soll im Folgenden das Wissenschafts- und Forschungsfeld an sich, inklusive der

in diesem Bereich agierenden Akteure, Institutionen etc. beschrieben werden. Obwohl sich das Erkenntnisinteresse in dieser Hinsicht vor allem auf den deutschsprachigen Raum konzentriert, wird ergänzend auch der englischsprachige Raum mit Fokus auf die USA dargestellt.

Die Recherchemethode basiert diesbezüglich vor allem auf der Suche im Internet, wobei „Wirtschaftsbionik“ und „Managementbionik“ (jeweils inklusive variierender Schreibweisen und entsprechenden Übersetzungen ins Englische) die Suchbegriffe der Analyse bildeten.

2.2.1 Aktuelle Diskussionen, Schwerpunktthemen und Anwendungsbereiche

Im Folgenden werden einige Schlaglichter wirtschafts- und managementbionischer Auseinandersetzungen benannt und erläutert sowie einzelne Befunde der durchgeführten Analyse dargestellt:

- **Abgrenzung und Überschneidungen zwischen technischen und organisations- bzw. wirtschaftsbionischen Ansätzen**

  Grundsätzlich ist festzustellen, dass starke Überschneidungen zwischen den beiden Innovationsfeldern existieren. Grund dafür ist, dass viele Akteure sich ursprünglich mit Themen technischer bionischer Innovationen beschäftigten und infolgedessen auch nach Übertragungsmöglichkeiten biologischer Vorbilder für diverse Aspekte des Wirtschaftens zu suchten.

- **Auslegung der Begrifflichkeiten**

  Es ist festzustellen, dass die Begriffe Wirtschafts- und Managementbionik größtenteils im Bereich der Unternehmensberatung verwendet werden – die unternehmensorientierte Anwendung ist in der Wirtschaftsbionik also aktuell stärker ausgeprägt als eine gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise. Dies führt dazu, dass die eifrigsten Vertreter der organisationsbezogenen Bionik weniger aus dem universitären Umfeld als aus dem Bereich der Unternehmensberatung stammen. Bionische Ansätze vergegenwärtigen sich in diesem Zusammenhang häufig in Beispielen aus der Tierwelt, die als Metaphern in das Training und Coaching von Führungskräften integriert werden. Einen weiteren Beratungsansatz bildet die Konzeption von Unternehmen als komplexe lebende Systeme, deren Management sich an Prinzipien der Evolution orientieren sollte (Otto u. a. 2006, Otto & Speck 2010). Auch im englischsprachigen Raum ist der Großteil der Akteure primär im Consulting-Bereich aktiv oder bietet zumindest einige Produkte aus dem Feld des Unternehmensmanagements an.

- **Starke Einflüsse angrenzender Wissenschaftsfelder**

  Wirtschafts- und managementbionische Konzepte und Ansätze stammen oft aus angrenzenden wissenschaftlichen Themenfeldern wie der technisch orientierten Bionik, Schwarmintelligenz, Evolutionsökonomik oder der Kybernetik. So werden im Rahmen von Veröffentlichungen und Veranstaltungen vielfach Konzepte und Begrifflichkeiten aus diesen Feldern auf Wirtschaftsbionik bezogen, was vor allem daran liegt, dass ein Großteil der inhaltlichen Beiträge der Bionik von Akteuren aus angrenzenden Wissenschaftsbereichen geliefert wird.

- **Aktuell noch geringer Stellenwert der organisationsbezogenen Bionik**

  Die Rechercheergebnisse legen nahe, dass die Wirtschafts- bzw. Managementbionik zumindest unter diesen expliziten Bezeichnungen noch kein definiertes Wissenschaftsfeld bildet, sondern verstärkt durch Diskurse angrenzender Bereiche geprägt ist. Dieser Befund geht damit einher, dass es nur wenige Akteure gibt, die sich speziell mit Wirtschaftsbionik beschäftigen. Die meisten Personen, Institute o. ä. Organisationen, die an bionischen Fragestellungen arbeiten, entstammen angrenzenden Feldern wie dem klassischen Management, der Unternehmensberatung oder inhaltlich verwandten Wissenschaftsbereichen. Im Folgenden wird auf Basis der Internetrecherche eine kurze Akteursanalyse dargestellt.

2.2.2 Akteure

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse einer detaillierteren Akteurs- und Aktivitätsanalyse zusammen, die im Anhang der vorliegenden Studie einzusehen ist. Wie zuvor beschrieben, gibt es bislang kaum Akteure, die sich im engeren Sinn als Wirtschafts- oder Managementbioniker sehen. Aus der Beobachtung, dass Akteure, die sich mit betreffenden Themenbereichen auseinandersetzen, typischerweise aus verwandten Disziplinen stammen, wird deutlich, dass die Wirtschafts-/Managementbionik eine enge Verknüpfung mit vielen anderen wirtschafts- sowie naturwissenschaftlichen Disziplinen aufweist. Die Analyse der Akteurskonstellationen stützt diese Erkenntnis.

2.2.2.1 Methodik und Ziele

Im Rahmen der Literaturanalyse zur Wirtschaftsbionik ließen sich ausgehend von den Autorenschaften der Veröffentlichungen die relevanten Akteure der Wirtschafts-/Managementbionik identifizieren. Darauf ausbauend wurden genauere Informationen zu den jeweiligen Akteuren ergänzt, wie z. B. bei welchen Veranstaltungen sie welche Vorträge halten. Außerdem beinhaltet die Analyse auch das weitere organisationale Umfeld dieser Akteure und vermittelt so einen breiten Überblick über die entsprechende Community.

Die komplette Aufstellung für den deutsch- sowie für den englischsprachigen Raum ist im Anhang zu finden. Dort werden zuerst die Akteure aufgelistet, dann folgt eine Aufstellung aller für die Wirtschafts-/Managementbionik relevanter Aktivitäten. Die entscheidenden Ergebnisse werden in diesem Kapitel nachfolgend dargestellt.

2.2.2.2 Ergebnisse

- **Klassifizierung nach Akteursgruppen**

  Die Auswertung der Akteursanalyse zeigt, dass im Feld der Wirtschaftsbionik vielfältige Akteursgruppen aktiv sind. Neben Förderern, Netzwerken/Verbänden, Stiftungen und Universitäten sind auch Unternehmen und Unternehmensberater zu nennen.

- **BIOKON als Vorreiter**

  Bezogen auf die Durchführung von Projekten und Forschung ist aus der Gruppe der Akteure speziell das Netzwerk BIOKON zu nennen, das als einziger Akteur in Form einer Arbeitsgruppe bereits einen klaren Schwerpunkt auf die Wirtschaftsbionik legt. BIOKON versucht außerdem, die Wirtschaftsbionik auch weltweit voranzutreiben. So hat es mit seiner internationalen

Zweigstelle BIOKON International die Arbeitsgruppe „Organisation and Management“ gegründet. Allerdings stammen hier außer dem Arbeitsgruppenleiter keinerlei weitere Mitarbeiter aus dem englischsprachigen Raum.

- **Starker Schwerpunkt auf der Unternehmensberatung**

  Da die bionikaffinen Unternehmen i. d. R. Kunden bionikaffiner Unternehmensberater sind, können die aus der Analyse gewonnenen Erkenntnisse für diese Akteursgruppen gemeinsam ausgewertet werden. Es zeigt sich, dass es sowohl Unternehmen als Unternehmensberatern darum geht, bionische Ansätze entweder als Instrument für das Management von Komplexität zu nutzen (Dr. Otto Training & Consulting, Management Zentrum St. Gallen) oder aber bionische Metaphern zum Zweck des Coachings von Organisationsmitgliedern zu nutzen (Galileo Institute u. a.).

- **Forschung oder Unternehmensberatung?**

  Sowohl im deutsch- als auch im englischsprachigen Raum wird deutlich, dass sich Forschungsinstitute ebenfalls stark in der Unternehmensberatung betätigen. In diesem Kontext sind das Internationale Bionik Zentrum (IBZ) im deutschsprachigen Raum sowie das Biomimicry Institute als Gegenstück im englischsprachigen Raum zu nennen.

- **Wirtschaftsbionik als Veranstaltungsthema**

  Zwar wurden einige mit Wirtschaftsbionik betitelte Veranstaltung recherchiert, allerdings bezogen sich diese größtenteils auf die Anwendung von Naturbeispielen auf die technische Entwicklung von Produkten durch Unternehmen – es geht dabei also nicht um die Übertragung natürlicher / biologischer Muster auf Unternehmensstrukturen oder Managementtheorien. Ausnahmen bilden die Konferenz „Darwin meets Business“, die von BIOKON, Dr. Otto Training & Consulting und anderen im Jahre 2009 organisiert wurde (Otto & Ondarza 2009), sowie die Tagung „Bionik im Management“, die vom Veranstalter (Management Zentrum St. Gallen) als internationaler Bionik-Kongress für das Top-Management bezeichnet wurde und von 2006 bis 2008 jährlich stattfand. Genauere Informationen zu diesen und weiteren Veranstaltungen sind im Anhang zu finden.

  Gerade bei größeren Konferenzen/Kongressen wie dem „Bionik-Wirtschaftsforum“ oder dem „Bionischen Symbiosium“ können jedoch letztendlich ca. 80% der gehaltenen Vorträge technischen Innovationen der Bionik oder angrenzenden Wissenschaftsbereichen zugeordnet werden und nur 20% der Wirtschafts-/Managementbionik. Bei kleineren Aktivitäten wie Seminaren oder eher intern gehaltenen Tagungen wie z. B. der Tagung „Bionik im Management“, die sich also explizit auf Wirtschafts- bzw. Managementbionik beziehen, ist dann immerhin fast nur diese Thematik zu finden. Der „Querdenker-Tag“ ist dagegen ein gutes Beispiel dafür, dass einige Aktivitäten zwar mit Wirtschafts-/Managementbionik betitelt sind, aber letztendlich hauptsächlich Referenten und Themen aus angrenzenden Wissenschaftsbereichen zur Sprache kommen.

- **Wenige Akteure, die in vielen Bereichen aktiv sind**

  Gerade im englischsprachigen Raum ist auffällig, dass einzelne Akteure in vielen unterschiedlichen Akteursgruppen aktiv sind. Olga Bogatyreva ist so zum einen an der University of Bath tätig, während sie zum anderen eine Unternehmensberatung leitet und Teil des BIONOS

Netzwerkes ist. Ähnliches gilt für Janine Benyus oder Phil Richardson. Aber auch im deutschsprachigen Raum kann klar festgestellt werden, dass es sich immer wieder um einige wenige Akteure handelt, die sich tatsächlich mit der organisationsbezogenen Bionik beschäftigen. Diese sind BIOKON Akteure im Allgemeinen sowie im Speziellen Rainer Erb, Klaus-Stephan Otto (Dr. Otto Training & Consulting), das Management Zentrum St. Gallen (MZSG) und Fredmund Malik sowie einige andere Akteure, die sich ursprünglich nur mit der Management-Kybernetik befasst haben und im MZSG arbeiten oder gearbeitet haben. Ergänzt wird diese Community durch Matthias Nöllke, der als Autor von Veröffentlichungen im Bereich Coaching ebenfalls zu erwähnen ist.

2.2.3 Zusammenfassende Darstellung der Wirtschaftsbionik sowie verwandter Theorieansätze in Deutschland

Bei der Recherche wurden noch weitere Schnittstellen mit anderen Wissenschaftsfeldern jenseits von technischen bionischen Innovationen in Bereichen der Ingenieurs- und Materialwissenschaften deutlich. In der deutschsprachigen Auseinandersetzung mit Wirtschafts-/Managementbionik ergeben sich darüber hinaus Überschneidungen zu den Feldern der Evolutionsökonomik, Schwarmintelligenz sowie Kybernetik (vgl. Abbildung 1). Diese Überschneidungen zeigen sich vor allem darin, dass vielfach Akteure aus diesen angrenzenden Wissenschaftsbereichen in Form von Veröffentlichungen, Vorträgen usw. ab einem bestimmten Punkt auch unter dem Schirm der Wirtschafts- und Managementbionik aktiv werden.

Die Darstellung in Abbildung 1 kann weitgehend auch auf den englischsprachigen Raum übertragen werden. Hier ist allerdings als weitere Schnittstelle die grüne Produktinnovation zu nennen, die sich mit der Entwicklung umweltfreundlicher und nachhaltiger Produkte befasst.

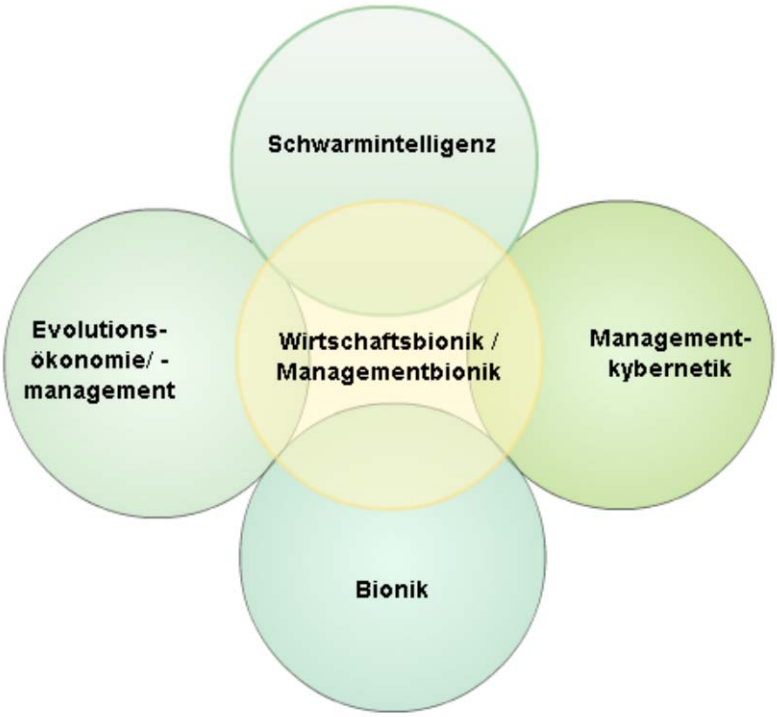


Abbildung 1: Thematische Schnittbereiche im Feld der Wirtschaftsbionik

3 Literaturanalyse

3.1 Methodik

Die Literaturanalyse verfolgt eine zweigeteilte Suchstrategie, die einerseits auf der Recherche wissenschaftlicher Fachliteratur insbesondere im Kontext entsprechender Journals und Monographien und andererseits auf der Suche nach „grauer Literatur“ basiert, die nicht die für wissenschaftliche Fach-Journale typischen Peer-Review-Prozesse durchlaufen hat.

Ein grundlegendes Problem bei der Analyse der Bedeutung von technischen bionischen Innovationen und wirtschaftlichen bionischen Innovationen besteht darin, dass die Literatursuche nach entsprechenden Begriffen nicht sehr weit führt, da Begriffe wie „Bionik“ als solcher, aber auch ihm verwandte Formen wie „Biomimetik“, „Lernen von der Natur“ etc. zumeist nur in eng gefassten Zirkeln verwendet werden. Aus diesem Grund bringt es der Analysefokus auf das thematisch noch sehr junge und weitgehend unbearbeitete Feld der Wirtschafts- bzw. Managementbionik mit sich, dass kaum wissenschaftliche Artikel existieren, die sich explizit auf diese Begrifflichkeit beziehen. Dieser Befund gilt dabei sowohl für die deutschen Begriffe „Managementbionik“ und „Wirtschaftsbionik“ als auch für die jeweiligen englischsprachigen Übersetzungen Biomimicry, Biomimesis und Biomimetics, wobei die Übersetzung hier vor dieselbe Problematik stößt, die bereits aus der Auseinandersetzung mit der technischen bionischen Innovationen bekannt ist (vgl. auch Kapitel 3.3.3). Daraus folgt, dass sich die Analyse der ohnehin raren Veröffentlichungen mit unmittelbarem Bezug auf die genannten Begrifflichkeiten ausschließlich auf den Bereich der „grauen Literatur“ konzentriert.

Ein zentrales Ziel dieser Studie besteht jedoch vor allem darin, Bionik nicht in einem engen, durch wenige Begrifflichkeiten determinierten Sinn zu verstehen, sondern die wirtschaftswissenschaftliche und wirtschaftliche Anwendung von grundlegenden bionischen Prinzipien anhand relevanter Literatur zu analysieren. Wie der zuvor dargestellte Befund zeigt, greift die Suche nach expliziten Bionik-Bezügen für dieses Anliegen deutlich zu kurz. Es kommt daher darauf an, grundlegendere Prinzipien, Leitbilder und Konzepte zu identifizieren, die zwar mit dem Themenfeld der Bionik assoziiert sind, die konkreten Verknüpfungen dazu aber nicht explizit herstellen. Da sich das bionische Kernkonzept des Lernens von der Natur nicht auf form- oder funktionsmorphologische Konstruktionsprinzipien einschränken lässt, wird es zunächst darauf ankommen, eine Bandbreite von Begriffen, die mit der Bionik in Verbindung stehen, zu identifizieren und infolge dessen wirtschaftswissenschaftliche Implikationen zu analysieren. Dieses Vorgehen kennzeichnet den zweiten Strang der Suchstrategie, dessen Ergebnisse in Kapitel 3.4 und 3.5 dargestellt werden. Darauf aufbauend wird versucht, eine Art Kern der Wirtschaftsbionik zu ermitteln und die unterschiedlichen Randbereiche abzugrenzen bzw. Überlappungen herauszustellen.

3.1.1 Web of Science

Die Recherche nach wissenschaftlicher Fachliteratur, die im weiteren Sinn bionisch inspirierte Konzepte in den Wirtschaftswissenschaften anwendet, basiert schwerpunktmäßig auf Literaturdatenbanken des „Web of Science“ (WOS). Das durch das Institute for Scientific Information (ISI, heute Thomson Scientific) erstellte Angebot integriert insgesamt drei Datenbanken, die ihrerseits

die Informationen der wichtigen Wissenschafts-Journale, Buchserien, Konferenzpapiere etc. zusammenfassen. Insgesamt sind im WOS bspw. mehr als 40 Millionen Artikel aus über 10000 international etablierten Fach-Journalen dokumentiert.[7] Die Anzahl der Publikationen, die pro Jahr in die Datenbank aufgenommen werden, steigt dabei mit Ausnahme der Jahre 2000 und 2001 kontinuierlich, was Abbildung 2 verdeutlicht. Insgesamt lässt sich innerhalb der 20 Jahre zwischen 1990 und 2010 eine ungefähre Verdopplung der pro Jahr dazugekommenen Studien feststellen.

Abbildung 2: Jährliche Anzahl der Gesamtpublikationen im Web of Science

Die im WOS indizierten Artikel können über verschiedene Suchoptionen gefunden werden, wobei die Suchmaske eine Vielzahl von Sucheinschränkungen ermöglicht. Grundsätzlich wird zwischen den Suchfeldern *Autorenschaft, Autoren-Adressen, Sprache, Publikationsjahr, Quelle, Titel* und *Themeninhalt* unterschieden.

Die vorliegende Literaturrecherche beschränkt sich auf die Suchfunktion „Themeninhalt“, die entsprechende Suchbegriffe als Volltextsuche sowohl in den Titeln als auch in den Abstracts der Publikationen sucht und damit die größte Wahrscheinlichkeit für inhaltlich relevante Rechercheergebnisse liefert. Um den thematischen Fokus auf wirtschaftswissenschaftliche Veröffentlichungen zu schärfen, wurde das insgesamt sehr breite inhaltliche Spektrum des WOS hinsichtlich bestimmter Disziplinen (Begrifflichkeit im WOS: „subject areas“) zugespitzt. Konkret basiert die folgende Literaturauswertung auf Fachartikeln, die in den Disziplinen „Management“ (145 gelistete Journals), „Business“ (103 Journals) und „Economics“ (299 Journals) recherchiert wurden. Der Zeitraum der vorliegenden Literatursuche umfasst die Jahre von 1990 bis 2010, um die Aktualität der Ansätze zu gewährleisten.

[7] Die Dokumentation der Fach-Artikel sowie der bibliografischen Angaben, Abstracs etc. erfolgt in englischer Sprache. Da die Datenbanken des WOS jedoch auch deutsche Journals integrieren und diese zumindest ihre Abstracts in englischer Sprache zur Suche hinterlegen, sind deutschsprachige Publikationen in der Recherche prinzipiell mit berücksichtigt.

Um das breite Feld der Wirtschaftswissenschaften entsprechend etablierter Disziplinen zu differenzieren, wurden die Rechercheergebnisse in den subject areas „Business“ und „Management“ zusammengefasst und repräsentieren infolge die betriebswirtschaftliche Orientierung der Wirtschaftswissenschaften. Ergänzend dazu bezieht sich das Feld „Economics“ auf volkswirtschaftliche Ausprägungen. Indem die Suchbegriffe anhand dieser Kategorien kontrastiert werden, können Rückschlüsse darüber gezogen werden, in welchem wirtschaftswissenschaftlichen Themenzusammenhang verschiedene bionikassoziierte Begrifflichkeiten welche Relevanz haben.

3.1.2 Graue Literatur

Bei der Analyse der sogenannten „grauen Literatur“ werden jene Veröffentlichungen betrachtet, die nicht den formalen Ansprüchen wissenschaftlicher Publikationen entsprechen, also bspw. keine Review Prozesse durchlaufen haben, nicht in umfangreichem Ausmaß wissenschaftliche Literatur aufnehmen etc. und somit nicht durch die Recherche im Web of Science abgedeckt sind.

Zur Literaturanalyse der für die organisationsbezogene Bionik relevanten grauen Literatur werden explizit die Begriffe „Wirtschaftsbionik“ sowie „Managementbionik“ unter Berücksichtigung verschiedener Schreibweisen und Sprachen gesucht. Zu diesem Zweck bilden populäre Internetsuchmaschinen wie Google und Google Scholar (die Google-Suche nach wissenschaftlichen Texten) die geeigneten Instrumente, da sie den gesamten Inhalt des World Wide Web abbilden und somit auf eine Vielzahl möglicher Medien verweisen. Demzufolge wurden bei der Auswertung der grauen Literatur neben Working Papers im Feld tätiger Akteure auch nicht-wissenschaftliche Zeitungsartikel, Konferenzpapiere, Blogs und populärwissenschaftliche Bücher berücksichtigt.

Kapitel 3.3 stellt die Rechercheergebnisse zusammenfassend dar und analysiert selbige unter Berücksichtigung der zentralen Frage, durch welche Inhalte, Diskussionen und Akteure das junge Feld der Wirtschafts- und Managementbionik aktuell konstituiert ist und wo mögliche Entwicklungstendenzen liegen. Dabei werden zuerst die Ergebnisse aus dem deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich, Schweiz) analysiert. Anschließend wird die gleiche Suchstrategie, allerdings auf Grund unterschiedlicher Begrifflichkeiten mit anderen Suchbegriffen, auf den englischsprachigen Raum angewendet. Hier werden zum einen Großbritannien und zum anderen die USA genauer betrachtet.

Wie bereits angedeutet, konnte sich das explizite Feld der Wirtschafts- und Managementbionik bisher in keiner Weise etablieren. Akteure, die sich mit entsprechenden Themen auseinandersetzen, tun dies nur selten exklusiv unter dem Label der Wirtschafts- bzw. Managementbionik. Die Recherche nach diesen Schlagworten führte daher zu einer weiterführenden Ermittlung relevanter Akteure, Veranstaltungen und anderen Initiativen, die sich thematisch auf die Anwendung von Bionik in der Wirtschaft beziehen. Diese Erkenntnisse zeichnen insbesondere für den deutschsprachigen Raum ein konkretes Bild dessen, was in der interessierten Community aktuell passiert (siehe Kapitel 2.2.2 und Anhang).

3.2 Vorgehen

Ausgehend von der zuvor beschriebenen Suchstrategie wurde Literatur recherchiert und analysiert, die entweder auf Ansätze der Wirtschafts- bzw. Managementbionik im engeren Sinn verweist oder übergreifende Leitbilder und Motive, die im weiteren Sinn als bionisch (weil am Vorbild Natur orientiert) gelten, auf Fragestellungen der Wirtschaftswissenschaften (BWL und VWL) anwendet. Da sich in diesem iterativen Analyseprozess die Erkenntnisse dahingehend verdichtet haben, dass Thematiken der Wirtschafts- und Managementbionik sowie damit assoziierte Prinzipien und Motive teils deutliche Schnittmengen zu angrenzenden Theoriebereichen aufweisen, schließt die Analyse mit zusammenfassenden Exposés zu den entsprechenden Theoriefeldern. Die Erarbeitung dieser Überblicke entzieht sich zwar der zuvor dargestellten Recherchestrategie, ist jedoch wesentlich darin begründet und verfolgt das Ziel, einen informativen Überblick über Herkunft, Ansätze, Thesen und Entwicklungslinien der jeweiligen Ansätze zu skizzieren. Darüber hinaus betten sie die unmittelbaren Erkenntnisse der Literaturanalyse in einen übergreifenden theoretischen Kontext ein und geben so einen Ausblick auf mögliche Entwicklungsoptionen wirtschafts- und managementbionischer Forschungsstränge. Die drei Aspekte der Literaturanalyse sowie damit verknüpfte Recherchestrategien und angestrebte Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Recherchegegenstand	**Suchstrategie und –medien und Suchbegriffe**	**Angestrebte Ergebnisse**
Managementbionik / Wirtschaftsbionik im engeren Sinn	Identifikation „grauer Literatur“ über Internetrecherche (Google, Google scholar, Google books); Suchbegriffe: • „Managementbionik“ • „Wirtschaftsbionik“	Analyse aktuell relevanter Themen und Ermittlung zentraler Diskussions- und Entwicklungsstränge auf Basis ausgewählter Literatur
Assoziierte Gestaltungsleitbilder und Prinzipien bzw. Managementbionik / Wirtschaftsbionik im weiteren Sinn	Inhaltliche und bibliometrische Recherche wissenschaftlicher Artikel im WOS. Das Fundament dafür bilden Suchbegriffe, die in begründeter Nähe zu Wirtschafts- und Managementbionik stehen. Suchbegriffe: • „Adaptivität“ / „Adaption“ • „Resilienz“ • „Selbstorganisation“ • „Ökosystem“ • „Ko-Evolution“ • „Schwarm“ / „Schwarmintelligenz“	Zusammenfassungen zu den recherchierten Konzepten und damit verbundenen wirtschaftswissenschaftlichen Diskursen; Darstellung konkreter Artikel, die inhaltlich an Bionik angrenzen bzw. hohe wissenschaftliche Relevanz aufweisen; Überblick über generelle Anknüpfungspunkte zu Wirtschafts- und Managementbionik
Angrenzende Theoriebereiche	Recherche jeweils relevanter Standardwerke und Orientierung an zusammenfassender Sekundärliteratur	Informative Darstellung der Ursprünge, Ansätze, Thesen und Entwicklungslinien der jeweiligen Theorien sowie Konkretisierung der bionischen Bezüge

Tabelle 3: Zusammenfassende Aspekte der Literaturanalyse

3.3 Wirtschaftsbionik und Managementbionik

Die Ergebnisse der Suche nach den expliziten Begrifflichkeiten „Wirtschaftsbionik“ und „Managementbionik“, die im Rahmen der Literaturanalyse auf die Recherche von „grauer Literatur“ fokussiert war, lassen sich in verschiedene Publikationsformen wie nicht-wissenschaftliche Zeitschriftenartikel, Journal-Artikel bzw. Working-Papers sowie Bücher und Blogs unterteilen. Es ist wichtig zu wissen, dass „bionics“ im englischsprachigen Raum für die Nachahmung des Menschen steht, der Begriff bezeichnet die Entwicklung und Herstellung von Prothesen. Er zeigt dementsprechende Ergebnisse bei der Internetrecherche.

Hinsichtlich der Suche im englischsprachigen Raum ist insbesondere zu beachten, dass die Suche nach Begriffen wie Management-Bionics, Business-Bionics o. ä. wenig zielführend ist, da es sich dabei um Wortkombinationen handelt, die im englischen Sprachraum so nicht existieren. Die Suche wurde daher auf die Begriffe „biomimicry“, „biomimetic(s)“ und „biomimesis“ ausgeweitet, da diese das englischsprachige Gegenstück zum deutschen Wort Bionik bilden.

Nachfolgend wird sowohl für den deutschsprachigen als auch für den englischsprachigen Raum zu jedem Suchbegriff bzw. zu jeder Suchbegriffsgruppe eine kurze inhaltliche Übersicht der Ergebnisse gegeben. Daran anschließend wird jeweils beispielhaft eine Auswahl von Artikeln zusammengefasst dargestellt, welche richtungweisend für die organisationsbezogene Bionik sein können. Abschließend werden die Ergebnisse zur Recherche und Analyse der grauen Literatur zusammengefasst

3.3.1 Wirtschaftsbionik

3.3.1.1 Überblick Literatur

Die Literaturrecherche zum Begriff Wirtschaftsbionik führt insgesamt zu eher wenigen Ergebnissen, welche sich zu einem großen Teil auf die Übertragung von Tierbeispielen auf das Verhalten von Führungskräften beziehen – Matthias Nöllke ist in dieser Hinsicht der prominenteste Autor. Außerdem erscheinen mehrere Beiträge zur Anwendung auf das Management von Unternehmen. Erwähnenswert für die organisationsbezogene Bionik sind hier speziell die Beiträge zum Thema Evolutionsmanagement von Dr. Klaus-Stephan Otto sowie ein Übersichtsartikel von Gudrun Happich. Die Suche nach wissenschaftlichen Artikeln in Google scholar führte zu keinem Ergebnis, weswegen festgestellt werden kann, dass der Begriff bislang kaum auf wissenschaftlicher Ebene verwendet wird.

3.3.1.2 Relevante Artikel

Titel: Managementschule Natur	
Autor(en): Matthias Nöllke	**Erscheinungsjahr:** 2006
Erscheinungsort: In: Fredmund Malik, Kurt G. Blüchel: Faszination Bionik – Die Intelligenz der Schöpfung. Bionik-Media Verlag München: 244–255	
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Nöllke stellt in seinem Beitrag fest, dass die Anwendung der Bionik im Management von Unternehmen noch nicht sehr bekannt ist, obwohl vielfach Gemeinsamkeiten zwischen	

Ökonomie und Natur vorliegen. So sind die Wettbewerbsbedingungen in der Natur genauso hart wie auf dem Markt: Kampf um Futter, Fortpflanzungspartner, Jagdreviere, etc. Außerdem weist die Natur ähnlich wie die Wirtschaft eine große Zahl unterschiedlichster Organisationsformen auf. Weitere Analogien liegen in dem Werben von Lebewesen um Fortpflanzungspartner, welches mit der Werbung von Unternehmen um Kunden verglichen werden kann.

Bezogen auf Ressourcenmanagement findet jedoch nur in der Natur eine Anpassung an die reale Umgebung und entsprechende Bedingungen statt, wohingegen die klassischen Managementkonzepte kaum adaptive Lösungen vorschlagen. Da ein menschliches Individuum in der Betrachtungsweise des Artikels einerseits Teil eines Unternehmens ist, aber andererseits eben auch ein biologisches Wesen, ist es fähig sich an der Natur zu orientieren und von ihr zu lernen.

Bei der Übertragung natürlicher Konzepte in unternehmensbezogene Kontexte ist es für entsprechende Lernprozesse wichtig, vom klassischen Vergleich eines Unternehmens mit einer Maschine zu einer Sichtweise zu gelangen, die das Unternehmen als lebendes System anerkennt und somit der komplexeren Wirklichkeit gerecht wird. Hierbei wird die Organisation als Organismus verstanden, der sich nicht von außen steuern lässt, aus internen Strukturen und Prozessen entsteht und sich dabei konstant weiterentwickelt, seine Identität jedoch immer bewahrt. Für Führungskräfte ist damit die prinzipielle Problematik verbunden, dass sie als Teil des Systems zwar versuchen können, Prozesse zu steuern, diese Maßnahmen aber oft nicht zu den erwarteten Konsequenzen führen und Organisationen daher nur unter Berücksichtigung einer gewissen Kontingenz auf Veränderungen ihrer Umwelt reagieren.

Zum Verständnis eines lebenden Systems ist es außerdem essentiell, seine Geschichte zu kennen: Zum einen können aus der Betrachtung vergangener Vorgänge gewisse Schlüsse gezogen werden, andererseits muss aber auch der konstante Wandel des Systems im Auge behalten werden. Sogenannte „best practices“ sind dementsprechend nicht allzu verlässlich. Führungskräfte sollten also nur Impulse geben, die dann das System zu Selbstorganisation und -regulation bewegen. Entscheidend ist dann vor allem die Adaptationsfähigkeit des Systems.

Abschließend zieht Nöllke starke Parallelen zwischen dem Verhalten eines Löwen und dem einer Führungskraft. Der Löwe betreibt auf Grund langer Ruhepausen und der Delegation anderer perfektes Zeit- und Ressourcenmanagement: durch die Abgabe bestimmter Aufgaben unter ergebnisorientierter Kontrolle spart der Löwe wie eine gute Führungskraft Kosten und gibt denjenigen Organisationsmitgliedern die Aufgaben, der sie am effizientesten lösen können. Ferner weiß der Löwe, wann er in kritischen Situationen einspringen muss, um diese zu lösen. Die Sensibilität, diese kritischen Situationen zu erkennen, ist entscheidend, um ein kompetenter Führer sowohl im Löwenrudel als auch im Unternehmen zu sein.

Titel: Wirtschaftsbionik: Die Natur zum Vorbild nehmen	
Autor(en): Gudrun Happich	**Erscheinungsjahr:** 2008
Erscheinungsort: Lernende Organisation LO - Zeitschrift für systemisches Management Bd. 43.2008: 40-47	

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Gudrun Happich stellt in diesem Artikel die These auf, dass die Natur zwar als Vorbild für Unternehmensführung, -prozesse und -gestaltung dienen kann, aber dies nur unter bestimmten Voraussetzungen und der Beachtung bestimmter Regeln.

In den letzten Jahren hat eine große Anzahl von Unternehmensberatern und Trainern den Bionik-Trend, der seinen Ursprung in der Übertragung von Beispielen aus der Natur auf die Technik hat, aufgegriffen. Die Autorin unterscheidet hierzu drei Arten der Anwendung:

- die Nutzung der Wirtschaftsbionik als Marketing-Gag (hier wird die Bionik oft nur oberflächlich und unreflektiert aufgegriffen)

- die Wirtschaftsbionik als mechanistische Übertragung von Naturprinzipien auf Organisationen, sowie
- die Wirtschaftsbionik als Beispiel für komplexe Systeme (hier liegt der Schwerpunkt auf der Analyse von Funktionen und Beziehungen zwischen den Elementen dieser Systeme bzw. zwischen dem System und seinem Umfeld)

Die nahezu direkte Übertragung von Naturbeispielen auf Unternehmen, wie sie die meisten aktuell existierenden Modelle praktizieren, hält Happich für schwierig und gefährlich. Schließlich verhalten sich Tiere und Pflanzen biologisch programmiert während der Mensch in einem Sinn-Kontext agiert, indem er Sinn und Bedeutung hinterfragt.

Praktikable Lösungen kommen ihrer Meinung nach eher aus der Kybernetik sowie aus der Systemtheorie. Hier werden lebende Systeme als Anschauungsobjekte verwendet und (interne) Selbstorganisationsprozesse untersucht. Systemische Grundeigenschaften wie die Kontextabhängigkeit, die Nicht-Vorhersehbarkeit oder die Wechselwirkungen auf Grund von Vernetzung müssen ebenfalls bei der Untersuchung von Systemen beachtet werden.

Zusammenfassend stellt die Autorin fest, dass die Natur dann zum Vorbild werden kann, wenn der Fokus der Untersuchung und Anwendung dieser Naturbeispiele auf ihrem Systemcharakter und den zugehörigen Eigenschaften liegt und von rapider, mechanischer Analogiebildung abgesehen wird. Beispiele aus der Natur können außerdem als Metapher genutzt werden, wenn sie nur einen Impuls darstellen und die Anwendung als ergebnisoffen betrachtet wird.

Die Erkenntnisse aus Systemtheorie und Kybernetik sind für die Wirtschaftsbionik gleichfalls gültig. Ein tiefgehendes Verständnis biologischer Systeme zur Erfassung von Unternehmensstrukturen und -prozessen ist jedoch unabdingbar. Bei richtigem Verständnis und angemessener Anwendung sind Naturbeispiele oft prägnanter und deutlich anschaulicher als Beispiele aus anderen Lebensbereichen.

Titel: Strategisches Evolutionsmanagement in stürmischen Zeiten

Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Klaus-Stephan Otto	2009

Erscheinungsort:

In: Kurt G. Blüchel, Helge Sieger: Krisenmanagerin Natur. Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können, DWC-Medien GmbH München: 156-173

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Schon Darwin stellte fest, dass die Bedingungen positiver Selektion entscheidend von der Anpassungsfähigkeit der Organismen an veränderte Bedingungen abhängen. Wie in der biologischen Evolution, sind auch in der Wirtschaft der Aufbau und das Management von Komplexität ausschlaggebend für die Sicherung des „Wettbewerbsvorteils“. Vor diesem Hintergrund definiert Otto Evolutionsmanagement als „eine Form des Managements von Organisationen, bei der die Vorgänge in und zwischen Organisationen als Lebensprozesse betrachtet werden, die nach den gleichen oder ähnlichen Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten wie andere Prozesse in der Natur ablaufen“ (157). Es gelten hier fünf Grundvoraussetzungen:

- Entwicklungsdynamiken von Organisationen ähneln jenen in der Natur
- Analog zur technischen Bionik können auch Organisationsprozesse von bestimmten Abläufen in der Natur lernen
- Neben den Organisationen unterliegen auch die Organisationsmitglieder evolutorischen Tendenzen
- Manager sind für die Übertragung von Erkenntnissen aus der Biologie auf die Organisationsstrukturen befähigt
- Evolutionsmanagement versucht die Grundlagen der Evolutionsbiologie in das Wirtschaftsleben aufzunehmen

Konkurrenz sowie Kooperation sind zwei entscheidende Begriffe für die Evolution. Für den Erfolg eines Unternehmens ist eben sowohl Anpassungsfähigkeit (Kooperation) als auch Konkurrenz zur Dynamisierung der Veränderungsprozesse nötig. Am Beispiel der Finanzkrise macht der Autor deutlich, dass die klassischen Planungsinstrumente der Wirtschaft versagt haben. Zwar brauchen Unternehmen auch mittel- bis langfristige Planung, allerdings muss diese flexibel und offen für neue Erkenntnisse sein.

Für das Evolutionsmanagement werden daher folgende Fähigkeiten benötigt: Anpassungsfähigkeit (intern und extern); Innovationskompetenz; Symbiosefähigkeit (Kooperationskompetenz); Schutzfähigkeit und Konkurrenzkompetenz gegenüber Wettbewerbern; Ressourcenkompetenz sowie Bewahrungsfähigkeit hinsichtlich der grundlegenden Eigenschaften eines Unternehmens. Darüber hinaus sollten sich evolutionäre Entwicklungen von Unternehmen an folgenden Prinzipien orientieren: Unternehmen sollten sich und ihrer Herkunft treu bleiben; wichtige Veränderungen im Unternehmensumfeld müssen erkannt und vorausgesehen werden; Ziele müssen abgesteckt werden; einzelne Schritte zur Umsetzung der evolutionären Entwicklung sollten klar festgelegt werden.

Abschließend stellt der Autor fest, dass die Biologie im 21. Jahrhundert stark an Bedeutung gewonnen hat, dieser Prozess fortwähren wird und in Zukunft noch viele weitere Wissenschaftsbereiche beeinflussen wird.

Titel: Biostrategie - Ein Weg zur Krisenvermeidung?

Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Werner Nachtigall	2009

Erscheinungsort:

In: Kurt G. Blüchel, Helge Sieger: Krisenmanagerin Natur. Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können, DWC-Medien GmbH München: 189-235

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Im Gegensatz zu natürlichen Systemen tendiert bspw. die Wirtschaft auf Grund zunehmender Komplexität und turbulenter Umwelteinflüsse verstärkt dazu, aus dem Gleichgewicht zu geraten. Die Natur betreibt Krisenmanagement indem sie Funktionsprozesse regelt und nicht steuert. Ein weiterer essentieller Grund dafür, dass die Natur komplexe Situationen problemlos bewältigt ist, dass sie „für jedes noch so kleine Problem ein ganzes Arsenal an Lösungsstrategien parat hat“ (191), welches auch dann eingesetzt wird, wenn es sich nur um unwesentlich erscheinende Störungen handelt. Nachtigall erläutert hierzu die Temperaturregelung beim Menschen nach biologischen und humanphysiologischen Gesichtspunkten. Diese und vergleichbare Fähigkeiten der Natur kann man unter dem Oberbegriff Biostrategie zusammenfassen.

Die Anwendung der Biostrategie auf andere komplexe Systeme wie z. B. die Wirtschaft oder die Konfliktbewältigung lässt sie zur Methode werden. Konzepte der Biostrategie stehen aber nicht für ein „Zurück zur Natur“, sondern wollen die Vorteile umfassender Planung und Anwendung systemischer Methoden bei der Verwendung von Beispielen aus der Natur verdeutlichen. Biostrategische Ideen haben also zum Ziel, in „komplexer werdenden Systemen in Wirtschaft und Gesellschaft einen störungsarmen, im Idealfall störungsfreien Ablauf zu gewährleisten“ (192).

Die Konzepte Steuerkette versus Regelkreis, sowie positive und negative Rückkopplung sind essentiell um die Biostrategie zu verstehen. Als Beispiel für eine Steuerkette kann die sozialistische Planwirtschaft dienen, während die freie Marktwirtschaft eher mit einem Regelkreis vergleichbar ist. Regeln bedeutet im Gegensatz zu Steuern, konstant zu messen, anzupassen, zu agieren etc. Bezüglich der Rückkoppelung betont der Autor „die Erkenntnis, dass negative Rückkopplung eine Störgröße ausregelt und konstant hält, positive Rückkoppelung dagegen ein gefährliches Maß an sich steigernder Instabilität zur Folge hat“ (200). Schließlich können diese Regeln aus der Physik auch auf lebende Organismen sowie Ökosysteme, die Volkswirtschaft oder Vernetzungen in der Gesellschaft übertragen werden. Dementsprechend kann festgestellt werden, dass der kybernetische Ansatz zur Systembetrachtung gleichfalls auch die angemessene Beschreibung von biolo-

gischen Systemen liefert. Wichtig ist jedoch, zu erkennen, dass aber „viele gesellschaftliche Systeme […] nicht dauerhaft lebensfähig sind, weil sie nicht über sinnvollen Informationsfluss, über Rückmeldung und über Ist-Soll-Zustandsvergleich durch regelnde Elemente verfügen“ (207). Nachtigall betont deswegen, dass nie das gesamte System verstanden werden wird, dass man aber beginnen muss, kybernetisch zu denken und zu reagieren.

Dieser Befund darf nicht insofern missverstanden werden, dass man sich nur auf Teilbereiche des Gesamtsystems beschränken sollte; schon Frederic Vester stellte fest, dass das Maximum an Querbeziehungen in der Wirtschaft als komplexes System erkannt und Rückkoppelungen dieser Beziehungen berücksichtigt werden müssen. Die Unvereinbarkeit von Vollbeschäftigung, Wirtschaftswachstum und Geldwertstabilität ist dementsprechend durch konstant angepasste Regelung statt linearer Steuerung aufzulösen. Der Fluss an Informationen der drei verschiedenen Bereiche muss rückgekoppelt und unter Beachtung der jeweils anderen zwei Bereiche geregelt werden.

Nachtigall stellt deswegen fest, dass Erkenntnisse aus der Biokybernetik auf die Wirtschaftskybernetik übertragen werden sollten und das eingesehen werden muss, dass Stabilität nur durch Nullwachstum gewährleistet sein kann. Exponentielles Wachstum besteht schließlich in der Natur auch nur in der ungestörten Anfangsphase oder in Nischen. In der belebten Umwelt kommen Massenvermehrungen dagegen sehr selten vor. Vielmehr entsteht eine S-Kurve, das sogenanntes sigmoide Wachstum, bei der sich Zunahmerate (Produktion) und Sterberate (Verbrauch) genau aufheben. Vor diesem Hintergrund resümiert Nachtigall: „Nullwachstum ist der ‚ganz normale‘ Endzustand in einem ausgeglichenen komplexen System“ (219). Außerdem kann auch bei quantitativem Stillstand trotzdem eine qualitative Verbesserung (Spezialisierung, Umstrukturierung, Nachhaltigkeit) erreicht werden. Hierzu definiert der Autor einige konkrete Maßnahmen, wie die Koppelung von Industriezweigen oder die Vermeidung von Überproduktion und konsequenter Anwendung des Verursacherprinzips.

Abschließend weist der Autor darauf hin, dass einerseits die Natur sehr gut ohne den Menschen existiert, andererseits die menschliche Bevölkerung die Natur jedoch braucht. Es ist wichtig zu erkennen, dass auf der einen Seite die Natur nicht auf ein Ziel hinarbeitet, und auf der anderen, dass der Mensch eben auch zur kulturellen Evolution fähig ist, mithilfe derer er u. a. auch Prozesse in der Wirtschaft vorausschauend und intelligent umsetzen kann.

3.3.2 Managementbionik

3.3.2.1 Überblick Literatur

Die Recherche unter dem Suchbegriff Managementbionik führt zu einer ähnlichen Anzahl von Veröffentlichungen im Bereich organisations- und wirtschaftsbezogener Bionik wie der Suchbegriff Wirtschaftsbionik. Der Fokus auf das Management von Unternehmen führt allerdings dazu, dass sich die meisten Literaturbeiträge mit Thematiken der Unternehmensberatung beschäftigen. Herauszuheben sind in diesem Zusammenhang die Autoren Karl-Heinz Oeller sowie Martin Pfiffner, die im Bereich der Wirtschafts- und Managementbionik auch anderweitig, bspw. durch entsprechende Vorträge auf Veranstaltungen (vgl. Anhang), aktiv sind und ihre theoretischen Wurzeln zudem im Feld der Kybernetik haben.

Die recherchierten Veröffentlichungen von Fredmund Malik sowie Kurt Blüchel, die zumeist Sammelbände bilden, beinhalten Beiträge eines Großteils der in der organisationsbezogenen Bionik und den angrenzenden Wissenschaftsbereichen aktiven Autoren. Beide Bücher beschäftigen sich zum einen mit der Anwendung biologischer Vorbilder in der Technik und sind zum anderen thematisch der Unternehmensberatung bzw. dem Management komplexer Systeme zuzuordnen.

3.3.2.2 Relevante Artikel

Titel: Management à la nature	
Autor(en): Fredmund Malik	**Erscheinungsjahr:** 2006
Erscheinungsort: Malik-Kolumne, ©manager magazine Online	
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Fredmund Malik erläutert in dieser dreiteiligen Kolumne, warum die Forschung in Bionik und Kybernetik und damit verknüpfte Erkenntnisse von großer Bedeutung für das Management sind. Prinzipiell sind Bionik und Kybernetik dazu im Stande, das Unternehmensverständnis zu revolutionieren. Die Wissenschaften nutzen systematisch die Gesetzmäßigkeiten der Natur basierend auf der Grundlage, dass die natürliche Evolution schon immer Lebensformen hervorgebracht hat, die von vorneherein eine maximale und perfekt angepasste Funktionstüchtigkeit aufweisen. Die Natur muss nicht erst verschiedene Möglichkeiten ausprobieren, sondern bietet direkt die optimale Lösung. Diese Erkenntnis wurde bereits in den 70er Jahren von Ingo Rechenberg bewiesen. Unter der angemessen Berücksichtigung evolutionärer Prinzipien ergibt sich daraus ein Potenzial, die gleichen Vorteile, die schon im Evolutionswettbewerb erprobt wurden, auch in wirtschaftsbezogenen Kontexten anzuwenden. Der Autor gibt den Hinweis, vor der Erarbeitung der Lösung eines Problems immer erst auf die Natur zu schauen und dort bereits entwickelte Ideen zu identifizieren. So übersteigen die Lösungen im technischen Bereich bereits alle bisherigen Standards und führen somit zu entscheidenden Produktverbesserungen und entsprechenden Wettbewerbsvorteilen. Malik nennt infolge Beispiele wie Flugzeugtragflächen, die Adlerschwingen nachgebildet wurden oder die Verwendung der Erkenntnisse zum Lotusblatt in der Entwicklung einer sich selbstreinigenden und Schmutz abweisenden Oberfläche. Die natürlich optimierten Problemlösungsstrategien im technischen Bereich führen direkt zur Frage nach einem optimalen Management. Hier vertraut Malik auf die Kybernetik, die er als eine Schwesterdisziplin der Bionik bezeichnet: „Management heißt, die Komplexität von Systemen so zu nutzen, dass sie die Fähigkeiten haben, den Wettbewerb zu gewinnen“ (2). Dies funktioniert mit Hilfe von Eigenschaften wie Adaptivität, (Selbst-)Regulierung oder (Selbst-)Organisation: „Control of Systems im kybernetisch-bionischen Sinne ist mit Management identisch“ (2). Wie gut ein Unternehmen in einer Branche agiert, hängt von seiner Managementkompetenz ab. Hier müssen vor allem die verschiedenen Funktionen, Ansätze und Instrumente des Managements zu einem Ganzen (einem sogenannten „kybernetischen System“) zusammengefügt werden. Ein konkretes Konzept stellt in dieser Hinsicht das „Viable System Modell“ von Stafford Beer dar, welches Systemlösungen in der Natur nachgebildet ist und das bionisch-kybernetische Referenzsystem für Organisation im 21. Jahrhundert darstellt.	

Titel: Alles Leben ist Problemlösen	
Autor(en): Martin Pfiffner	**Erscheinungsjahr:** 2006
Erscheinungsort: In: Fredmund Malik, Kurt G. Blüchel: Faszination Bionik - Die Intelligenz der Schöpfung. Bionik-Media Verlag München: 92-95	
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Den Ausgangspunkt dieses Beitrags bildet die für Organisationsprozesse exemplarische Frage, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit eine Diskussionsrunde auch mit vielen Teilnehmern fruchtbar ist. Pfiffner stellt die Hypothese auf, dass eine wissenschaftliche Methodik, die den größten gemeinsamen Faktor der verschiedenen Diskutan-	

ten feststellen und außerdem gute Ideen erkennen lässt, zum erfolgreichen Ausgang der Diskussion führen würde.

Zwar ist Kommunikation nicht planbar, allerdings können die Voraussetzungen zur Kommunikation geplant werden. Hierzu wird eine Struktur benötigt, die alle Diskussionsteilnehmer optimal miteinander vernetzt. Pfiffner wendet hier die Struktur des gleichseitigen Dreiecks auf die Verständigung zwischen Menschen an: Die Teilnehmer sitzen an den Ecken des Dreiecks während die Themen auf den Verbindungslinien platziert werden. Der Autor stellt fest, dass nun jeder Teilnehmer mit jedem anderen Teilnehmer kommunizieren kann und so außerdem die unterschiedlichen Themen miteinander verbunden werden. Konsequenterweise kann die Struktur des gleichseitigen Dreiecks auf die eines Tetraeders, eines Oktaeders oder gar eines Ikosaeder (Zwanzigflächner) erhöht werden. Diese Dreiecksstrukturen garantieren kürzeste Wege zum Informationsaustausch und maximale Vernetzung aller Personen. Da ein Ikosaeder in seiner Struktur rund ist, gibt es kein oben oder unten und somit auch keine Hierarchie.

Stafford Beer hat sich bereits in den 70er Jahren mit dem Ikosaeder sowie allgemein Steuerungs- und Regulierungsfragen befasst und entwickelte auf dieser Basis eine Kommunikationsmethode, die sogenannte „Syntegration“. Eine Syntegration umfasst normalerweise ca. 30 Personen derselben Organisation, die für einige Tage zusammen kommen um gemeinschaftlich ein Problem zu lösen und entsprechende Maßnahmen zu entwickeln. Durch die Verbindung über die beschriebenen Dreiecksstrukturen stellt die Syntegration sicher, dass sich die Themen gegenseitig befruchten und wechselseitig koordinieren. Auch können auf Grund der Struktur alle Teilnehmer an der Gestaltung der Lösung partizipieren, wobei gleichzeitig immer nur fünf Personen direkt miteinander diskutieren sollten, um die Effizienz der Kommunikation zu erhöhen. Indem die Teilresultate zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst werden, kann in kürzester Zeit eine kooperative Lösung für die jeweilige Problemstellung gefunden werden.

Die Syntegration wird mittlerweile weltweit und in unterschiedlichsten Bereichen angewandt. Der Autor stellt fest, dass bislang die Anwendung des Prinzips in jedem Fall zum Erfolg geführt hat. Da die Methode theoretisch wesentlich durch die Kybernetik beeinflusst ist, steht sie in starker inhaltlicher Nähe zu grundsätzlichen bionischen Gestaltungsprinzipien.

Titel: Kapieren statt kopieren

Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Karl-Heinz Oeller, Markus Nienhoff	2009

Erscheinungsort:

TÜV SÜD Journal 3/2009: 26-30

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

In dieser Dokumentation eines Interviews spricht Oeller über den Einsatz von Bionik im Management und stellt in diesem Zusammenhang folgende These auf: „Es geht nicht darum, die Natur zu kopieren, sondern sie zu kapieren“ (29).

Die größten Probleme der Unternehmen finden sich in der Kommunikation, da Mitarbeiter oft aneinander vorbei reden und so eine Vielzahl von Missverständnissen entsteht. Um solche Probleme zu vermeiden gehen Unternehmensberater, wie Oeller selbst, in Unternehmen und versuchen zuerst ein gemeinsames Grundverständnis des Unternehmenssystems zu schaffen und darauffolgend die wichtigsten Variablen der Organisationsgestaltung herauszuarbeiten. In der Kybernetik, so Oeller weiter, geht es darum die Prinzipien anzuwenden nach denen sich ein Unternehmen selbst organisieren und steuern kann, etwas was uns die Natur direkt vormacht.

Vor dem Hintergrund, dass Wirtschaftsprozesse immer komplexer werden, bietet sich die Anwendung von Lösungen aus der Natur an. Oeller überträgt diese Erkenntnis direkt auf Unternehmen und stellt fest, dass gerade solche Unternehmen, die besser mit komplexen Situationen umgehen können, auch diejenigen mit den besten Überlebenschancen im Markt sind.

Bionik kann also als Lösung im Unternehmensmanagement dienen, da die Natur sich über Millionen Jahre hinweg evolutionär entwickelt und sich dabei bei höchster Funktionssicherheit immer optimal an das wechselnde Umfeld angepasst hat. Bei der Verwendung biologischer Lösungen müssen dabei zuerst dem natürlichen Prozess oder der Struktur zugrundeliegende Analogien und Muster festgestellt werden um übertragbare Prinzipien zu verstehen. Ein guter Manager kann demnach vielerlei Denkanstöße aus der Natur erhalten.

3.3.3 Biomimicry, Biomimesis, Biomimetic(s)

3.3.3.1 Überblick Literatur

Im englischsprachigen Raum lassen sich im Bereich der Wirtschafts- und Managementbionik vergleichsweise wenige Veröffentlichungen finden. Dies liegt zunächst daran, dass ein entsprechendes Aktivitätsfeld noch weniger als im deutschsprachigen Raum etabliert zu sein scheint. Darüber hinaus steht die Recherche vor praktischen Problemen, da die Begrifflichkeiten „Wirtschafts-„ und „Managementbionik“ nicht analog ins Englische übersetzt werden können und die Suche daher auf die Begriffe Biomimicry, Biomimesis und Biomimetic(s) ausgeweitet wurde. Diese Bezeichnungen spiegeln zwar am ehesten das wider, was im Deutschen als Bionik verstanden wird, allerdings fokussieren sie ungleich stärker auf Zusammenhänge des Designs und der Herstellung von Produkten, was einen Bezug zu Wirtschafts- und Organisationsbezogenen Themen erschwert.

Somit bezieht sich der Großteil der unter oben genannten Suchbegriffen recherchierten Artikel auf die Übertragung biologischer Vorbilder auf die Technik, speziell Produkt- und architektonisches Design sowie Robotertechnologie. Jene Literatur, die für die organisationsbezogene Bionik von Relevanz ist, bezieht sich ausschließlich auf Janine Benyus bzw. stammt von ihr als Autorin. Prinzipiell beschäftigen sich auch ihre Veröffentlichungen vor allem mit der technischen Bionik im Bereich des Produktdesigns bzw. der Architektur, allerdings findet sich hier auch ein Modell der Übertragung eines Beispiels aus der Natur auf Unternehmensführung und Wirtschaft.

Auf Grund der Akteursanalyse des englischsprachigen Raumes wurde ein weiterer Artikel gefunden, der sich thematisch mit der organisationsbezogenen Bionik beschäftigt (Phil Richardson). Des Weiteren wird ein Artikel von Olga Bogatyreva ergänzt, da sie zumindest sehr vereinzelt Bezug auf Bionik und entsprechende Anwendungen in Wirtschaft oder Management genommen hat. Ansonsten ist sie in Bereichen der Evolutionsbiologie, der Schwarmintelligenz sowie der technischen bionischen Innovationen aktiv.

3.3.3.2 Relevante Artikel

Titel: How will we conduct business? Closing the loops in commerce: running a business like a redwood forest	
Autor(en): Janine M. Benyus	**Erscheinungsjahr:** 1998
Erscheinungsort: In: Janine M. Benyus: Biomimicry: Innovation inspired by nature, HarperCollinsPublisher Inc. New York: 238-284	
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Benyus bezieht sich in diesem Kapitel ihres Buches vor allem auf die Industrial Ecology als Weg zur Lösung von Umwelt- und Klimaproblemen. Ausgangspunkt bilden in diesem Zusammenhang viele Unternehmen, wie Birkenstock als Vorreiter, die sich mittlerweile mit Themen der Ökologie in Handel und Wirtschaft auseinandersetzen. Darüber hinaus wer-	

den Forschungszentren ins Leben gerufen und auch die Mathematik sowie die Naturwissenschaften beschäftigen sich mit entsprechenden Fragestellungen.

Die Industrial Ecology hat zum Ziel, dass die Ökonomie sowie die Unternehmen als ihre Elemente die Natur als beispielhaft für Prozesse und Strukturen betrachten. Während diese aber in einem Kreislauf funktioniert, herstellt und verwertet, funktioniert die Wirtschaft linear. Eine entgegengesetzte Entwicklung weg von der Linearität und hin zum „life cycle assessment“ (Lebenszyklusanalyse) ist Voraussetzung für die konkrete Nachahmung von Beispielen aus der Natur. Auf diese Weise bleibt Energie erhalten und es entsteht kein Materialüberschuss. Ziel muss sein, die gesamte Wirtschaft auf der Basis von Solarenergie funktionieren zu lassen; genau so, wie es die Natur vormacht.

Benyus identifiziert in der Folge viele Probleme, die einer solchen Entwicklung im Wege stehen. So ignorieren die aktuell unterstützten Preismechanismen Umweltkosten, Produktmaterialien werden falsch gewählt, Prozesse ineffizient und nicht umweltschonend gestaltet und der Abfallverwertung wird kaum Beachtung geschenkt. Regulierungsinstrumente zum Umweltschutz verursachen vor allem höhere Kosten, statt die Unternehmen nachhaltig für den Umweltschutz zu motivieren. Ein Unternehmen, so Benyus, kann nur dann in Einklang mit seiner Umwelt überleben, wenn es sich an die Ökonomie der Natur anpasst und Prozesse sowie Strukturen von Ökosystemen auf die Unternehmensprozesse und -strukturen überträgt. Selbstorganisation und Adaptivität sind entscheidend um das Beste aus den vorhandenen Ressourcen zu machen und langfristig zu bestehen.

Da diese Konzeption von nachhaltiger Unternehmensführung gegenwärtig noch eine Vision darstellt, verweist die Autorin auf notwendige Transformationsbedingungen. Die Anerkennung ökologischer Grenzen, die die Einflussbereiche von Unternehmen begrenzen, stellt in dieser Hinsicht einen wichtigen Aspekt dar. Hierzu müssten diese Gesetze allerdings leichter zu verändern und durch die Bevölkerung zu beeinflussen sein, ein sogenanntes green accounting müsste Pflicht sein, grünes Produktmarketing gefördert werden und eine Lebenszyklusanalyse eines jeden Produktes durchgeführt und dementsprechende Kosten berechnet werden. Des Weiteren schlägt Benyus vor, Steuern statt auf das Einkommen lieber auf die verursachte Umweltverschmutzung und den Verbrauch von Ressourcen anzusetzen.

Titel: Management in ant colonies - Natural analogue of the resolution of social contradictions using TRIZ tools

Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Olga Bogatyreva	2002

Erscheinungsort:

ETRIA Conference Proceedings, Strasbourg, 6.-9.11.2002

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Das Verständnis über Mechanismen und Prozesse in der Entwicklung lebender Systeme kann hilfreich sein, um sowohl Widersprüche in der Technik als auch Probleme im Management zu lösen. Die Autorin beobachtet hierzu sechs verschiedene Ameisenarten. Diese zeigen unterschiedliche Komplexitätsniveaus bei der sozialen Interaktion innerhalb ihrer jeweiligen Kolonie. Gleichzeitig werden aber ähnliche Ansätze zur Lösung der Gegensätze zwischen Spezialisierung und Generalisierung sowie Wettbewerb und Kooperation in den Kolonien deutlich.

Die Hauptwidersprüche innerhalb der Kolonien entstehen, da jede einzelne Ameise versucht so wenig Energie wie möglich aufzuwenden und sich dementsprechend spezialisiert, während die Kolonie als Ganzes danach strebt alle Mitglieder möglichst polyfunktionell auszubilden und sie so jederzeit ersetzbar zu machen (Generalisierung). Das verursacht Widersprüche auf organisationaler Ebene, die mit Widersprüchen in der Technik gleichgesetzt werden können.

TRIZ (Theorien des erfinderischen Problemlösens) bieten eine methodische Basis, die im Kontext der Bionik angewendet werden kann. Bei der Betrachtung der Ameisenkolonien treten allerdings komplexe Widersprüche auf, die bislang in TRIZ so nicht vorkamen. Da es

eben nicht nur um den Widerspruch zwischen Spezialisierung und Generalisierung geht, sondern hier noch einmal unterteilt werden muss. Entsprechend den vorrangigen Interessen der Ameisen entscheidet sich die Wahl zwischen den beiden Möglichkeiten kontingent. Diese Interessen, wie die Wahl des Arbeitsortes (innerhalb bzw. außerhalb der Kolonie) oder die Verwendung der eigenen Ressourcen (Energie verbrauchen oder sparen), können nun erneut in Widersprüche resultieren. In solchen Fällen müsste der Widerspruch zwischen zwei Widersprüchen gelöst werden.

Analog dazu, entwickeln sich unterschiedliche Managementsysteme je nachdem, wie die Widersprüche zwischen Spezialisierung/Generalisierung und Wettbewerb/Kooperation gelöst werden. Daraus resultieren vier verschiedene Managementansätze, die Lösungen für einfache Widersprüche aber auch für Widersprüche zwischen Widersprüchen bilden. Letztere anspruchsvollere Widersprüche müssen je nach Komplexität des Systems anders gelöst werden.

- Der erste der vier Managementansätze lautet Aktivierung und tritt normalerweise im Zusammenhang kleiner Kolonien auf. Hierbei ist nur minimale Kooperation nötig. Sämtliche Ameisen sind fähig alle Aufgaben auszuführen, so dass der Wettbewerb so stark wird, dass es überhaupt keine Interaktion zwischen den verschiedenen Mitgliedern gibt. Nur durch Aktivierung kann Kooperation entstehen, und zwar indem einige aktivere Ameisen andere zu bestimmten Aufgaben anreizen.
- Der zweite Ansatz nennt sich Kontrolle: hier sind alle Teams hierarchisch organisiert und jede Gruppe wird von einer älteren, spezialisierten Ameise geleitet und kontrolliert.
- Als Drittes gibt es die sogenannte Koordination, die üblicherweise in Kolonien mit einem sehr hohen Komplexitätsniveau und strikter Spezialisierung auftritt. Oft entsteht ein Überschuss an Arbeitern, so dass koordinierte Kooperation eingeleitet werden muss.
- Der letzte Ansatz ist Steuerung: eine alte, in allen Bereichen erfahrene Ameise steht oben auf der Nestkuppel und reguliert die verschiedenen Aufgaben, die außerhalb des Nestes stattfinden.

Abschließend stellt Bogatyreva fest, dass die Ansätze Kontrolle und Koordination für simple Widersprüche geeignet sind, während bei komplexen Problemen die Ansätze von Aktivierung und Steuerung angewendet werden. Hier muss noch einmal unterschieden werden, da bei Gemeinschaften mit einfachen Strukturen und kleiner Population Aktivierung mehr Sinn macht, während in großen und komplexen Konstellationen Steuerung erfolgreicher ist.

Titel: Symbiosis: natural partnering	
Autor(en): Phil Richardson	**Erscheinungsjahr:** 2010
Erscheinungsort: Thought Leadership The Partner	

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Ausgangspunkt bildet der Befund, dass viele Manager, obwohl wirtschaftskompetent, oft Schwierigkeiten haben, mit der Komplexität ökonomischer Systeme umzugehen. Richardson stellt diesbezüglich die These auf, dass die Überlebenschancen in diesen komplexer werdenden Systemen für ein Unternehmen davon abhängen, wie gut es mit anderen kooperiert und sich zusammenschließt. Da klassische Managementstrategien in diesem Zusammenhang wenig Erkenntniswert haben, entwickelt der Autor das Konzept der „business biomimetics“ (Managementbionik).

Ingenieure, Architekten und Produktdesigner suchen schon seit längerem in der Natur nach Lösungen zu komplexen Problemen. Die University of Bath wird jedoch als Vorreiter des business biomimetics Ansatzes bezeichnet. Biologische Systeme bieten in dieser Hinsicht Möglichkeiten, die sowohl auf praktischem Niveau als auch in der strategischen Planung und Entwicklung von Unternehmen zu Verbesserungen führen können. Um Einsicht in die Entwicklung, das Management, den Erhalt sowie die Auflösung von strategi-

schen Kooperationen zu bekommen, dient die sogenannte symbiotics matrix als Methode der entwickelten Managementbionik. Die Bezeichnung basiert auf dem Begriff Symbiose, der das Verhältnis zwischen zwei oder mehreren biologischen Organismen beschreibt. Normalerweise handelt es sich um ein für beide Seiten nutzbringendes Verhältnis.

Unter dem Begriff Symbiose können Beziehungen unterschiedlichen Charakters zusammengefasst werden:

- Mutualismus, wenn beide Organismen einander brauchen und Nutzen stiften
- Neutralismus, wenn keine der beiden Seiten einen Nutzen aus der Beziehung zieht
- Parasitentum, wenn der biologische Wirt entweder ausgelöscht oder zumindest versehrt wird
- Wettbewerb, wenn auf Grund ihres Verhältnisses zueinander der Nutzen für beide Parteien abnimmt

Symbiotics greift nun diese Konzepte auf und wendet sie auf Beziehungen in und zwischen Unternehmenssystemen an. Bei der Anwendung einer entsprechenden Matrix zeigt diese dann in einem zweiachsigen System, wie unterschiedliche Firmen oder Unternehmenseinheiten nach den verschiedenen Konzepten zueinanderstehen. Sie kann sowohl den gegenwärtigen Zustand der Beziehung darstellen, als auch die zukünftige Entwicklung der Beziehung zwischen den Entitäten verdeutlichen.

Durch die Anwendung der Bionik im Management werden Corporate Social Responsibility und ein umweltgerechtes Verhalten direkt in Unternehmerfragen integriert. Vorteile sind, dass diese klare und „nackte“ Strategie, so Richardson, keine 25 Jahre funktionelle Erfahrung benötigt, sondern direkt einsetzbar ist. Außerdem gibt es noch so viele Spezies zu entdecken, dass dementsprechend viele weitere Beispiele aus der Natur in Lösungen umgesetzt werden können. Der Autor fasst zusammen, dass Bionik im Management die Identifizierung der Beziehungsart und -stärke von Unternehmen möglich macht sowie die Definition einer „nackten“ Unternehmensstrategie erlaubt. Symbiotics bietet so die Möglichkeit, diese Beziehungen von innen heraus sowie von außen kommend zu analysieren. Der ganzheitliche Ansatz aus der Biologie führt somit zu einer schnellen Strategieentwicklung und -umsetzung.

3.4 Allgemeine bionische Gestaltungsleitbilder

Im Kontext der Auseinandersetzung mit technischen Innovationen in der Bionik identifiziert von Gleich (2006) in Anlehnung an die Ebenen des Lernens von der Natur eine Reihe von Erfolgsprinzipien der Evolutionsprozesse, die in Form von Gestaltungsleitbildern für die Entwicklung bionischer Techniken und Prozesse operationalisiert werden können. Konkret benennt er diesbezüglich solares Wirtschaften (später energetischer und stofflicher Opportunismus genannt), Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft, Diversität und Modularität, Adaptivität, Selbstorganisation (Emergenz) und Selbstheilung sowie mehrdimensionale Optimierung aber auch Resilienz (ebd., S. 46–47, vgl. auch von Gleich et al 2007). Wird der Fokus von technischen Entwicklungszusammenhängen auf wirtschafts- und managementorientierte Fragestellungen bezogen, erscheinen aus der Reihe der zuvor genannten Leitbilder insbesondere Adaptivität, Selbstorganisation und Resilienz besonders interessant. Diese implizieren ein wesentliches Erklärungs- und Erfolgspotenzial für Koordinations-, Wandlungs- und Entstehungsprozesse im Kontext von Organisationen (Unternehmen u. a.) und ihrer Umwelt (je nach Erkenntnisinteresse: Märkte, Netzwerke, Branchen, Wirtschaftssysteme etc.) und sind in unterschiedlichem Ausmaß bereits Gegenstand wirtschaftswissenschaftlicher Debatten. Grundsätzlich werden als bionische Gestaltungsleitbilder also solche Prinzipien verstanden, die ursprünglich aus biologischen / natürlichen Kontexten stammen und in ihrer Übertragung auf wirtschaftsbezogene Zusammenhänge als Idealtypen für evolutionär erprobte Muster zur Organisation von Komplexität bzw. Kompensation externer Unsicherheiten darstellen.

Folgende Grafik spiegelt die nach VWL („economics“) und BWL („business/management“) differenzierte Anzahl der Suchergebnisse wider, die bei der Recherche wirtschaftswissenschaftlicher Fachartikel im Rahmen des Web of Science ermittelt wurden (beobachteter Zeitraum 1990–2010, vgl. Kapitel 3.1.1):

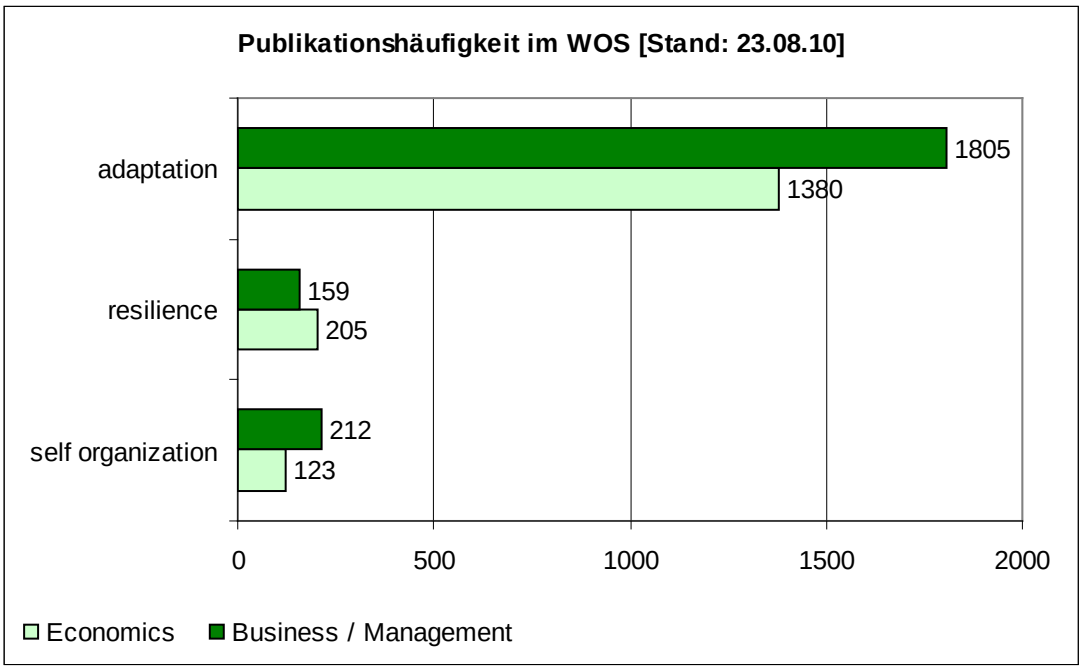


Abbildung 3: Publikationshäufigkeit wirtschaftswissenschaftlicher Fachartikel unter Bezug auf bionische Gestaltungsleitbilder[8]

Es zeigt sich, dass die Anwendung von bzw. der Bezug auf das Konzept der Adaptivität in den Wirtschaftswissenschaften sowohl in der betriebs- als auch in der volkswirtschaftlichen Ausrichtung relativ verbreitet ist und sich in einer entsprechend großen Zahl an Veröffentlichungen niederschlägt. Im Vergleich dazu ist die Summe der VWL- und BWL-orientierten Publikationen, die sich auf Konzepte der Selbstorganisation und Resilienz beziehen, deutlich niedriger, was auf einen spezifischeren Anwendungskontext hinweist. Insgesamt fällt auf, dass keines der betrachteten Gestaltungsleitbilder ausschließlich in volkswirtschaftlichen oder betriebswirtschaftlichen Zusammenhängen aufgenommen wird, sondern in variierenden Verhältnissen in beiden wirtschaftswissenschaftlichen Ausprägungen diskutiert wird.

Die folgenden Kapitel vertiefen den Blick auf die einzelnen Gestaltungsleitbilder. Dabei werden einleitend die Definitionen, Ursprünge und wirtschaftsorientierten Anwendungspotenziale der einzelnen Konzepte beschrieben, bevor ein Überblick über die Häufigkeiten und Inhalte der recherchierten Fachartikel dargestellt wird. Infolgedessen werden einzelne Artikel exemplarisch exzerpiert und tabellarisch aufgearbeitet. Die Auswahlkriterien für diese Artikel bestehen entweder in einem relativ

[8] Die Recherche hat für die jeweiligen Begriffe mehrere Schreibweisen und Ableitungen berücksichtigt. So wurden im Fall „adaptation“ auch Begriffe wie „adaption“ oder „adaptive“, beim Konzept der „resilience“ auch die Ableitung „resilient“ und im Fall „self-organization“ variierende Schreibweisen wie „self organization“ bzw. „self(-)organisation“ mit einbezogen.

starken Bezug zu den bionischen Leitbildern oder in einer besonderen wissenschaftlichen Relevanz, wobei diese durch die Häufigkeit gekennzeichnet ist, mit der die jeweiligen Veröffentlichungen von anderen Autoren wissenschaftlicher Artikel zitiert wurden. Abschließend werden für jedes Konzept die Analyseergebnisse unter Berücksichtigung ihres Potenzials für die Bereicherung wirtschafts- und managementorientierter Fragestellungen zusammengefasst.

3.4.1 Adaptivität

3.4.1.1 Begriffsklärung und -herkunft

In der Biologie ist das Konzept der Adaptivität sowohl für intra- als auch für intergenerationale Fragestellungen von Bedeutung. Die erstgenannte Perspektive betrifft die Fähigkeit von Organismen und Systemen, sich flexibel an verändernde Umweltbedingungen anzupassen. Beispiele hierfür sind die Adaption des Auges als Reaktion auf sich verändernde Lichtverhältnisse oder die Anpassung des menschlichen Stoffwechsels an Stresssituationen. Die Fähigkeit zur Adaption ist dabei in einer umstellungsfähigen bzw. losen Kopplung zwischen Reiz-Reaktions-Mustern sowie einer flexiblen Erweiterung des Funktionsraumes einzelner Entitäten begründet.

Die intergenerationale Perspektive betrifft hingegen den Zusammenhang evolutionärer Anpassung. Indem zwar evolutionäre Variationsprozesse (zumindest in der darwinistischen Evolutionstheorie) nicht zielgerichtet erfolgen, sondern durch zufällige Änderungen des Erbguts begründet sind, die externen Selektionsprozesse der Umwelt jedoch zielgerichtet wirken („survival of the fittest“), können sich zwischen biologischen Organismen und deren relevanter Umwelt bessere oder schlechtere Anpassungskonstellationen ergeben („Fitness“). Lebewesen und Pflanzen, die in diesem Sinn „besser“ an die Umweltbedingungen angepasst sind, haben in der Konsequenz höhere Fortpflanzungschancen als „schlechter“ angepasste Organismen.

Hinsichtlich der Analyse- und Gestaltungsoptionen für Organisationen sind beide Adaptivitätsperspektiven relevant, da im Feld der Wirtschaftswissenschaften sowohl das selektive Spannungsverhältnis zwischen Organisationen und ihren Umwelten (bspw. Unternehmen und Märkte) als auch die flexible Anpassung der internen Organisationsstrukturen und -routinen an sich verändernde externe Bedingungen von Interesse sind. Einen Überblick über wirtschaftswissenschaftliche Artikel, die in den letzten 20 Jahren innerhalb des skizzierten Spektrums veröffentlicht wurden, liefern die folgenden Ausführungen.

3.4.1.2 Überblick Literatur / WOS Statistik

Aus der Suche nach wirtschaftswissenschaftlichen Artikeln, in denen die Begriffe „Adaptation“ bzw. „Adaption“ oder „adaptive“ vorkommen, resultierten insgesamt 3185 Treffer, wobei 1805 auf den Bereich Business / Management und 1380 auf das Feld Economics fallen. Davon lässt sich ableiten, dass das Gestaltungsbild der Adaptivität auch in den wirtschaftsorientierten Wissenschaftsdisziplinen eine weite Verbreitung findet

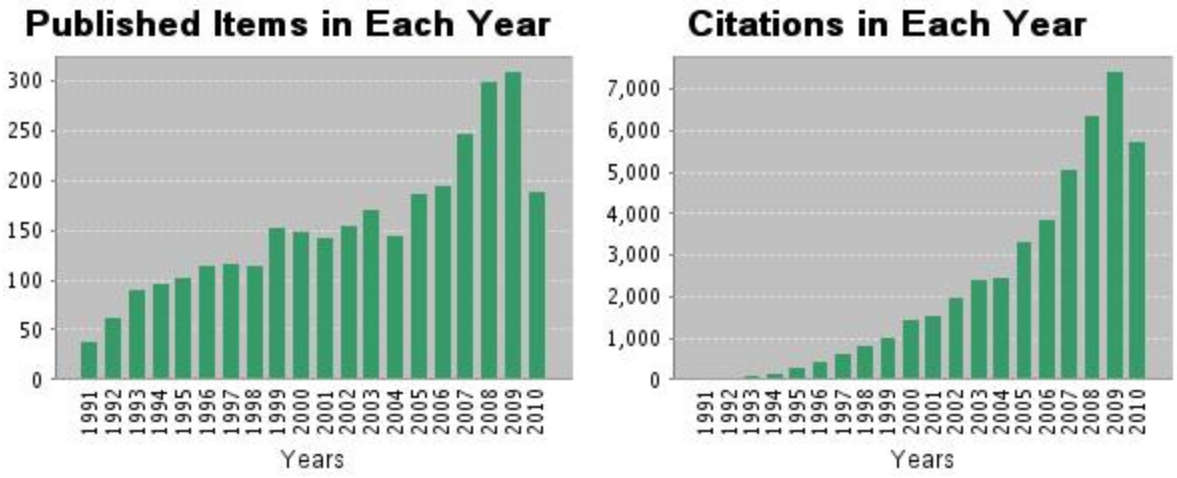


Abbildung 4: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Adaptivität

Die Verteilung der Veröffentlichungszahlen zeigt, dass signifikante Anstiege sowohl Anfang bis Mitte der 90er Jahre als auch seit 2006 zu beobachten sind. Grundsätzlich hat sich die Zahl der Veröffentlichungen im Vergleich der Jahre 1991 und 2009[9] fast verneunfacht, was auch vor dem Hintergrund der allgemeinen Tendenzen im WOS die steigende Bedeutung von Adaptivitätskonzepten in den Wirtschaftswissenschaften verdeutlicht. Die Häufigkeit der Zitationen steigt hingegen erst seit 1994 merklich an, vermehrt sich seitdem jedoch stetig. Zusammenfassend wird deutlich, dass die Diskussion zum Thema Adaptivität in den Wirtschaftswissenschaften von hoher, aktuell sogar wachsender Relevanz ist.

Die Analyse der wirtschaftswissenschaftlichen Beiträge, die unter dem Stichwort „adaptive“, „adaptation“ oder „adaption“ in den relevanten Datenbanken recherchiert wurden, zeigt Folgendes auf:

- Der Begriff findet in vielen etablierten Bereichen der Wirtschaftswissenschaft Verwendung (bspw. Makroökonomie, Unternehmensentwicklung, Geldtheorie etc.) und kann daher als generisch angesehen werden.
- Bezogen auf Unternehmen und andere Organisationen wird Adaptivität in zweifacher Perspektive diskutiert: Zum einen geht es um das Verhältnis von Organisationen und ihrer Umwelt, wobei adaptive Anpassung organisationaler Strukturen, Identitäten etc. an äußere (meist komplexe und unsichere) Bedingungen als Ideal der Organisationsentwicklung gilt – in diesem Kontext wird Adaptivität häufig durch Konzepte organisationalen Lernens ergänzt. Zum anderen werden die prinzipiellen Möglichkeiten des (adaptiven) Wandels komplexer Organisationen betrachtet, wobei selbige in diesem Zusammenhang oft als komplexe adaptive Systeme (CAS: complex adaptive systems) wahrgenommen werden.
- Des Weiteren wird vielfach analytisch von Systembetrachtungen ausgegangen (bspw. auch supply chain management, bei dem unterschiedlichste Akteure kooperieren müssen).

[9] Als Vergleichsjahr wurde 2009 gewählt, da Zahlen für das Jahr 2010 noch nicht abschließend verfügbar sind.

– Ein weiterer Schnittbereich für adaptive Gestaltungsprozesse ergibt sich gerade auch durch die technischen Innovationen, die vielfach zugleich auch neue Organisationsstrukturen ermöglichen bzw. gar auch erforderlich machen (bspw. IuK). Hierbei geht es einerseits um die Frage, wie organisationale Abläufe und Strukturen von FuE-Unternehmen idealerweise beschaffen sein sollten, um Produktinnovationen wahrscheinlich werden zu lassen. Anderseits wird im beschriebenen Kontext der adaptive Einfluss des Einsatzes neuer (insbesondere IuK-) Technologien auf die Entwicklung von Organisationen und Organisationsstrukturen diskutiert.

Ausgehend von der Gesamtheit der recherchierten Artikel können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

– Nicht erst seit den 90er Jahren, aber ab diesem Zeitpunkt in besonderer Betonung, nicht zuletzt auf Grund des Endes der Ost-West Konflikts, ist eine Abkehr von der Vorstellung der Linearität und der (bürokratischen) Planbarkeit von organisationalen Entwicklungs- und Innovationsprozessen zu beobachten.[10] Darüber hinaus führt der Fokus auf die komplexen Beziehungen von Organisationen und ihren Umwelten zu der Erkenntnis, dass bspw. der Einsatz eines bestimmten Instrumentes nicht zwingend zu dem gewünschten Ergebnis führt, sondern dass i. d. R. in die Strukturen (der Organisationen als CAS) eingegriffen wird, was in der Konsequenz dazu führt, dass Wandlungs- oder Transformationsprozesse prinzipiell diffus sind und viele (unintendierte) Folgen haben können. In diesem Sinn verlaufen organisationale Entwicklungsprozesse insofern adaptiv, dass wechselseitige Abstimmungsprozesse (innerhalb der Organisation bzw. zwischen Organisation und Umwelt) zu einer schrittweisen Anpassung führen.
– Ein zunehmend turbulenteres Umfeld und die Notwendigkeit sich bzw. die Organisation entsprechend anzupassen, führt dazu, dass Konzepte organisationalen Lernens, aber auch Selbstorganisation eine wichtige Rolle im Kontext adaptiver Entwicklungsprozesse einnehmen.

3.4.1.3 Relevante Artikel

Titel: Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory	
Autor(en): Gerardine DeSanctis, Marshall Scott Poole	**Erscheinungsjahr:** 1994
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 5, No. 2, S. 121–147	**Zahl der Zitationen:** 501
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Vor dem Hintergrund neuartiger Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien und ihrem Einfluss auf die Arbeits- und Abstimmungsweisen in Unternehmen u. ä. fokussiert der Artikel auf die durch die Implementation von IuK-Technologien ausgelösten Wandlungsprozesse in Organisationen. Die Autoren gehen davon aus, dass sich zwischen den neuen Technologien auf der einen und den Arbeits- und Prozessroutinen der Organisationen auf der anderen Seite ein adaptives Spannungsverhältnis entwickelt, in dessen Rahmen die tatsächliche Nutzung der Technologien und ihre Einbettung in die Organisationsstrukturen verhandelt wird. Dieser Verhandlungsprozess wird	

[10] Wichtig war und ist in diesem Zusammenhang auch die Kybernetik und die Systemtheorie (im Sinne von General Systems Theorie wie bspw. von Bertallanfy), die noch viel weiter zurückreicht.

am Beispiel einer konkreten Technologie (GDSS – group discussion support system) in der Perspektive der Adaptiven-Strukturations-Theorie (AST - adaptive structuration theory) analysiert. AST ist definiert als „framework for studying variations in organization change that occur as advanced technologies are used. The central concepts of AST, structuration and appropriation, provide a dynamic picture of the process by which people incorporate advanced technologies into their work practices." (122)

Die AST geht davon aus, dass die Adaption von (IuK-)Technologien durch die Mitglieder von Organisationen das Kernelement organisationaler Wandlungsprozesse ist. Die Interaktion zwischen technologischen Möglichkeiten und personellen Arbeitsweisen ist dabei durch eine Dualität gekennzeichnet, die Technologie und Handeln in ein rekursives Verhältnis setzt und zu einer adaptiven Herausbildung neuer, technologisch unterstützter Routinen führt. Die Autoren unterstreichen dabei jedoch, dass die so vollzogenen Wandlungsprozesse nicht zwingend mit einer qualitativen Verbesserung der Arbeits- und Abstimmungsprozesse in Organisationen einhergehen.

Titel: Artificial Adaptive Agents in Economic Theory	
Autor(en): John H. Holland, John H. Miller	**Erscheinungsjahr:** (Holland & J. H. Miller 1991)
Erscheinungsort: The American Economic Review, Vol. 81, No. 2, S.365-370	**Zahl der Zitationen:** 124

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Ausgehend von der programmatischen Frage, wie ökonomische Akteure (Manager, Organisationen etc.) unter Bedingungen eines stetigen Wandels der äußeren Gegebenheiten Entscheidungen treffen, diskutieren die Autoren Simulationsmöglichkeiten durch computergestützte Modelle Künstlicher Adaptiver Agenten („artificial adaptive agents" - AAA) bzw. Komplexer Adaptiver Systeme (KAS). Grundsätzlich sind KAS durch das Zusammenspiel multipler AAA konstituiert.

KAS werden durch folgende Prämissen charakterisiert: Sie bestehen erstens aus einem Netzwerk interagierender Agenten, welches zweitens dynamisch aggregierte Verhaltensmuster aufweist, die aus der Emergenz der individuellen Aktivitäten der Agenten resultieren und deren emergente Eigenschaften drittens auch ohne detaillierte Kenntnis der Verhaltensweisen einzelner Agenten beschrieben werden können. Entsprechend der These der Autoren lassen sich viele ökonomische Systeme als KAS klassifizieren.

Um diese Analogie auf wirtschaftliche Akteure und adaptiven Agenten herunterzubrechen, ergeben sich folgende allgemeine Bedingungen: die Handlungen der Akteure/Agenten müssen prinzipiell zielgerichtet sein und in ihrer jeweiligen Umwelt einen bestimmten Nutzen haben (Leistungsfähigkeit, Nützlichkeit, Ertrag etc.). Des Weiteren wird den Akteuren/Agenten unterstellt, ihr Handeln so auszurichten, dass es sich im Laufe der Zeit entsprechend des jeweiligen Nutzens im Sinne einer adaptiven Anpassung optimiert.

Auf der Aggregationsebene der KAS bedeutet das wechselseitige Zusammenspiel so gearteter Agenten, dass Adaption an sich verändernde äußere Bedingungen nicht an den Vorstellungen eines global-optimierten, invarianten Gleichgewichts ausgerichtet werden kann, sondern im Sinne dynamischer „Nischen" beschrieben werden muss. Indem auch die Nischen evolutionären Wandlungsprozessen unterworfen sind, gestalten sich die Anpassungsprozesse der KAS in zeitlicher Perspektive prinzipiell variabel und unstet.

Für die Simulation von Entscheidungs- und Verhaltensmustern unter Bedingungen des Wandels externer Einflüsse bedeutet dies: „adaptive mechanisms, driven by market forces, lead the agents to act as if they were optimizing. AAA explicitly model this link between adaptation and market forces, and can thus be used to analyze the conditions under which optimization behavior will (not) occur." (366)

Titel: Complexy Theory in Organization Science

Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Philipp Anderson	1999
Erscheinungsort:	**Zahl der Zitationen:**
Organization Science, Vol. 10, No. 3, S. 216–232	170

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Anderson greift das zuvor bei Holland und Miller dargestellte, programmatische Konzept komplexer adaptiver Systeme auf und versucht dies in einen systematischen Ansatz für die Analyse komplexer Organisationen zu überführen. Das Anliegen des Autors besteht darin, die Methodiken der empirischen Beobachtung mit jenen computerbasierter, agentengestützter Simulationen zu verknüpfen. Übergeordnetes Ziel ist es, ausgehend von der KAS-Modellierung Hinweise für strategische Managemententscheidungen zu generieren, die schnelle und effektive Lösungen für Anpassungsprobleme komplexer Organisationen an sich verändernde und ebenfalls komplexe Umwelten gewährleisten.

Der Autor kommt zu dem Ergebnis: „in environments far from equilibrium, where cascades of change are constantly playing out and overlapping with one another, adaptation must be evolved, not planned." (228). In diesem Sinn geht es im Rahmen des strategischen Management vor allem darum, die Strukturen von komplexen Organisationen so zu gestalten, dass für die Akteure ein Umfeld geschaffen wird, in dem sich effektive, improvisierte und selbstorganisierte Lösungen für kurzfristige Anpassungsprobleme entwickeln können.

Titel: The Myopia of Learning	
Autor(en):	**Erscheinungsjahr:**
Daniel A. Levinthal, James G. March	1993
Erscheinungsort:	**Zahl der Zitationen:**
Strategic Management Journal, Vol. 14, S. 95–112	769

Theoretische Anknüpfungspunkte / Querverbindungen:

Organisationales Lernen

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Ausgehend von den frühen Konzepten organisationalen Lernens (vgl. (LEVITT & MARCH 1988) setzen sich die Autoren mit der Frage auseinander, wie und unter welchen Bedingungen solche Lernprozesse zur Herausbildung einer adaptiven Intelligenz von Organisationen führen.

Indem der Akteursfokus auf Organisationen als solchen liegt, resultieren die Lernprozesse im Wesentlichen auf Erfahrungen, die Organisationen in Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt machen. Dabei bilden die wechselseitigen Prozesse der Vereinfachung („simplification": Reduktion der Interaktionen zw. Organisation und Umwelt, Abgrenzung einzelner Problemfelder) und Spezialisierung („specialisation": Konzentration auf Kernkompetenzen) die Basis für adaptives Lernen.

Obwohl organisationales Lernen die Leistungsfähigkeit von Organisationen typischerweise verbessert, identifizieren sie auch kritische Aspekte, die vor allem durch die Kurzsichtigkeit der Lernprozesse („myopia") gekennzeichnet sind. Da organisationales Lernen primär eine kurzfristige Reaktion auf aktuelle, äußere Erfahrungen darstellt, werden mittel- bis langfristige Perspektiven organisationaler Entwicklungen mitunter vernachlässigt. Konkret bedeutet dies, dass auf der Suche nach neuen Lösungen und innovativem Wissen nicht vergessen werden darf, die neuen Erkenntnisse auch gemäß den perspektivischen Zielen der Organisation zu verwerten.

Um die „adaptive Intelligenz" einer Organisation zu gewährleisten, empfehlen die Autoren für das Verhältnis zwischen Exploration (durch Lernen) und Verwertung (durch Nutzung des Erlernten): „The basic problem confronting an organization is to engage in sufficient exploitation to ensure its current viability and, at the same time, to devote enough energy to exploration to ensure its future viability." (105)

Titel: Adaptation on Rugged Landscapes	
Autor(en): Daniel A. Levinthal	**Erscheinungsjahr:** 1997
Erscheinungsort: Management Science, Vol. 43, No. 7, S. 95–112	**Zahl der Zitationen:** 239

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Levinthals Ausgangspunkt liegt in der Feststellung, dass sich die Strukturen von Organisationen untereinander mitunter stark unterscheiden, obwohl diese einer gemeinsamen „Population“ (bspw. i. S. von spezifischen Branchen, Tätigkeitsfeldern etc.) angehören. Des Weiteren identifiziert er im Spannungsfeld zwischen Organisationen und Populationen Adaptions- und Selektionsprozesse, welche die Beschaffenheit so genannter „Fitnesslandschaften“ prägen. Fitnesslandschaften bilden einen Erklärungsansatz, der auf Modellierungen beruht und ein Kontinuum besserer und schlechterer Anpassung an externe Selektionsbedingungen simuliert.

Bezogen auf die Ausgangsfrage leitet der Autor ab, dass Fitnesslandschaften in organisationalen Settings in der Regel nicht über ein Anpassungsoptimum gekennzeichnet sind, sondern sich eher zerfurcht („rugged“) darstellen und sich Konstellationen guter Anpassung auf mehrere lokale Optima verteilen. So können Organisationen, die sich in ihrer Form und Struktur wesentlich unterscheiden (bspw. ausgeprägte vertikale Hierarchien vs. flache Hierarchien, verschiedene Unternehmensstrategien etc.), trotzdem vergleichsweise gut an spezifische Selektionsbedingungen ihrer Population angepasst sein. Des Weiteren bildet die Verbesserung der Fitness das Grundmotiv organisationalen Wandels, wobei sich in diesem Kontext isomorphe Anpassungsprozesse zwischen Organisationen ausprägen können, sofern sie diese in einer gemeinsamen Nische der Fitnesslandschaft befinden: „Organizations are assumed to be able to identify alternative forms in their immediate neighborhood whose fitness value is superior to their current level of fitness. Furthermore, they are assumed to be able to modify the single attribute that differs between the two forms so as to achieve this higher level of fitness. In this manner, organizations ‘walk’ over the rugged landscape of alternative forms where the height of the landscape is the fitness value of a particular organizational form.” (937)

Titel: The Red Queen in Organizational Evolution	
Autor(en): William P. Barnett, Morten T. Hansen	**Erscheinungsjahr:** 1996
Erscheinungsort: Strategic Management Journal, Vol. 17, S. 139–157	**Zahl der Zitationen:** 106

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Der Artikel betrachtet das Konzept organisationalen Lernens vor dem Hintergrund der „Red-Queen“-Hypothese, welche in der biologischen Evolutionstheorie als eine Art Wettrüsten bezogen auf die Fitness zwischen konkurrierenden Organismen verstanden wird. In Bezug auf einzelne Organisationen bedeutet dies, dass Lernprozesse ihre jeweilige Fitness (i. S. v. Wettbewerbsfähigkeit) im adressierten Wirkfeld erhöhen können. Da dieses Prinzip für alle Organisationen eines Feldes gilt, entwickelt sich auf Populationsebene ein stetiges Wettrüsten, indem die gesteigerte Fitness einer Organisation die jeweils anderen in Zugzwang setzt, durch Lernprozesse die eigene Leistungs- bzw. Wettbewerbsfähigkeit ebenfalls zu erhöhen. Der resultierende selbstverstärkende Wandlungsprozess bildet den Kern der Red-Queen-Hypothese und stellt eine zentrale Triebkraft konkurrierender, auf Erfolg und Misserfolg beruhender Evolution dar.

Die Autoren diskutieren die Effekte der Red Queen in der Folge anhand ihres empirischen Feldes, das durch Kreditinstitute im US Bundesstaat Illinois konstituiert ist. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Erfolgswahrscheinlichkeit von Organisationen entsprechend der Erfahrungen steigert, die sie im Kontext unternehmerischen Wettbewerbs gesammelt haben. Diese Erkenntnis stützt die Ausgangshypothese insofern, als die Reaktion auf Wettbewerbsbedingungen Lernprozesse in Organisationen auslöst, welche auf Populationsebene den Wettbewerb zwischen den Organisationen zusätzlich intensivieren.

In Bezug auf strategische Managementansätze bedeutet dies, dass die Isolation aus Wettbewerbsprozessen, die typischerweise als vorteilhaft für die Überlebensfähigkeit von Organisationen angesehen wird, vor dem Hintergrund der Red Queen zumindest in der zeitlichen Perspektive kontraproduktiv ist: „Organizations that achieve an isolated strategic position lose the Red Queen in the process, and so will be disadvantaged over time.“ (154)

Das Motiv der Adaption ist in dieser Hinsicht dadurch gekennzeichnet, dass von einer Ko-Evolution zwischen den betreffenden Organisationen und einer „ecology of competition and learning“ ausgegangen wird (155).

Titel: Environmental Fit versus Internal Fit	
Autor(en): Danny Miller	**Erscheinungsjahr:** 1992
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 3, No. 2, S. 159–178	**Zahl der Zitationen:** 74

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Millers Ausgangspunkt bildet die Auseinandersetzung mit der Kontingenztheorie, die davon ausgeht, dass Organisationen ihre Strukturen und Entscheidungsprozesse an die externen Anforderungen ihrer Umwelt (bspw. i. S: v. Märkte) anpassen müssen, um überlebensfähig zu sein. Der Artikel vertritt die These, dass diese unbedingte Adaption an externe Bedingungen für Organisationen nicht zwingend vorteilhaft sein muss und die Konsequenz dieses „environmental fit“ häufig in Inkonsistenzen zu den organisationsinternen Prozessen und Verfahrensweisen („internal fit“) liegen.

Die beschriebene Diskrepanz zeigt sich bspw. in Bestrebungen von Organisationen, die Bedürfnisse unsicherer Märkte (hohe Wandlungsdynamik, häufige Anwendung neuer Technologien, wechselnde Konsumentenbedürfnisse etc.) mit Adaption in Form von schnellen, reaktionsfähigen Entscheidungsprozessen und der situativen Delegation von Verantwortung an Experten (führende, gut ausgebildete Mitarbeiter der Organisationen) zu kompensieren. Diese Experten bevorzugen laut Miller jedoch einen wohl-bedachteren, analytisch geplanten Entscheidungsprozess, wodurch es zur besagten Lücke zwischen internal und environmental fit kommen kann. Weitere Quellen der Inkompatibilität liegen in dem Gegensatz zwischen einer konsistenten, engen Kopplung der internen Prozesse und Strukturen und der notwendigen Flexibilität um unmittelbar auf externe Veränderungen reagieren zu können sowie einem häufig zu beobachtenden „Tunnelblick“ der Manager.

Auf Basis der getroffenen Vorannahmen leitet Miller Hypothesen ab, die er statistisch testet. Infolge dessen zieht er folgende Schlüsse: die Unternehmen mit der geringsten Anpassung an umweltbedingte Unsicherheit zeigen die stärkste Übereinstimmung zwischen Strukturen und Entscheidungsprozessen. Andersherum weisen die Firmen mit der höchsten Adaption bei Unsicherheit eine schwache Konsistenz zwischen Strukturen und Prozessen auf. Hinsichtlich der Anpassung an ein heterogenes Umfeld ist aber festzustellen, dass sie keinerlei prinzipielle Auswirkungen auf interne Umstände hat; interne und externe Anpassung behindern sich in diesem Fall nicht.

3.4.1.4 Bezug Bionik

Adaptivität taugt insofern zu einem bionischen Gestaltungsleitbild, als dass es die evolutionäre Erprobtheit und mehrdimensionale Optimierung von Entitäten unter dynamischen Randbedingungen in einem konzeptuellen Ansatz integriert. Da es für das Adaptivitätsleitbild zunächst irrelevant ist, ob es sich bei den benannten Entitäten um bspw. Populationen von Organismen, technische Artefakte oder organisationale Strukturen handelt, gilt es als allgemeines Leitbild, das seinen Ursprung zwar zum Teil im Kontext biologischer Anpassungsprozesse hat. Wobei der für diese Rich-

tung besonders bedeutsame Strang der Kybernetik vergleichsweise komplexe Wurzeln aufweist (z. B. auch Elektrotechnik, Waffentechnik usw.). Tatsächlich ist trotz der unterschiedlichen Wurzeln ähnlich wie beim Konzept des Wettbewerbs der kybernetische Ansatz der Adaptivität wieder in die biologische Forschung zurückgeflossen. Prinzipiell ist also auch das Leitbild der Adaption auf technologische und wirtschaftlich/ökonomische Gestaltungszusammenhänge anwendbar. Das Bionik-Potenzial resultiert ferner daraus, dass es einen wesentlichen Aspekt des Lernens von den Erfolgsprinzipien der Evolution kennzeichnet.

Bezogen auf wirtschafts- und ökonomieorientierte Fragestellungen liefert das Gestaltungsleitbild der Adaptivität eine Vielzahl potenzieller Implikationen:

– Dynamische Organisationsumwelten erfordern adaptive Wandlungsprozesse, um die Fitness (→ Wettbewerbsfähigkeit) von Organisationen zu gewährleisten und externe Selektionszwänge zu kompensieren. Im Unterschied zur darwinistischen Evolutionstheorie, in der Adaption primär als passiver Zustand verstanden wird, bilden im Kontext von Wirtschaft und Ökonomie Ansätze wie strategisches Management eine Möglichkeit, um die Bedingungen für und die Fähigkeiten zur Adaptivität aktiv und dynamisch zu fördern. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Adaptivität nicht als konkretes Ziel einer bestimmten Managementstrategie formuliert werden kann, sondern eine Fähigkeit darstellt, die sich zwar innerhalb geeigneter Organisationsstrukturen entwickeln, jedoch nicht rational geplant werden kann. In dieser Hinsicht stehen theoretische Ansätze organisationalen Lernens in enger inhaltlicher Verwandtschaft zum Konzept der Adaptivität.

– Indem Fitness als Resultat und Aspekt von Adaptivität sowohl durch die interne Performance von Organisationen als auch durch deren Anpassung an externe Gegebenheiten gekennzeichnet ist, wird deutlich, dass Adaptivität zum einen mit Fokus auf eine organisationsinterne Perspektive, zum anderen bezogen auf das Verhältnis von Organisationen und ihren Umwelten angewendet werden kann. Adaptivität stellt insofern ein allgemeines Gestaltungsleitbild zur Verbesserung und Weiterentwicklung von Fähigkeiten für organisationale Wandlungsprozesse dar.

– Auf der Ebene des Marktes bildet Adaptivität einen Ansatz, der die Variabilität möglicher Anpassungskonstellationen unterstreicht. So sind Märkte keine homogenen und starren Gebilde, sondern dynamische, wandlungsfähige Systeme, die es von den Marktakteuren erfordern, dass sie sich diesen Dynamiken anpassen oder auch diese Dynamiken mit beeinflussen. Ebenso bilden sich im Marktgeschehen Nischen heraus, in denen bspw. auch wenig etablierte Organisationsformen ein hohes adaptives Fitnesslevel aufweisen können. Bezogen auf Organisationen ergeben sich in diesen Nischen („rugged fitness landscapes“) Freiräume für Variation (→Innovation), die je nach evolutionärem Verlauf das Gleichgewicht des jeweiligen Marktes nachhaltig verändern können.

3.4.2 Selbstorganisation

3.4.2.1 Begriffsklärung und -Herkunft

Selbstorganisation stellt ein zentrales Motiv dar, um (die Entstehung von) Ordnung in komplexen Systemen zu beschreiben. In diesem Sinn lässt sie sich wie folgt definieren[11]: „Self-organization is

[11] Es ist darauf hinzuweisen, dass Selbstorganisation vor allem im naturwissenschaftlichen Bereich ein vielfältiges Phänomen ist, das je nach Disziplin im Kontext von chemischen, physikalischen, biologischen u. a. Kontexten in unterschiedlicher Weise definiert wird. Die hier vorgestellte Definition gilt daher lediglich als Beispiel.

a process in which a pattern at the global level of a system emerges solely from numerous interactions among the lower-level components of the system. Moreover, the rules specifying interactions among the system's components are executed using only local information, without reference to the global pattern." (Camazine u. a. 2003, S.8)

Vor allem im Kontext der Physik lassen sich selbstorganisierende Strukturen bspw. in der Thermodynamik (dissipative Strukturen) oder bezogen auf Magnetismus eindeutig identifizieren (Glansdorff u. a. 1973). Im Bereich der Chemie lassen sich vergleichbare Phänomene zum Beispiel im Kontext molekularer Anordnungen (Kristalle u. ä.) oder autokatalytischer Netzwerke beobachten. Dabei ist Selbstorganisation durch eine nichtlineare Dynamik geprägt, die durch das kooperative Wirken von Teilsystemen zu komplexen Strukturen des Gesamtsystems führt.

In der belebten Natur findet das Motiv der Selbstorganisation im Wesentlichen zwei biologische Anwendungsbereiche. Der erste bezieht sich generell auf die Ordnung von Evolutionsprozessen und stellt in dieser Hinsicht eine Erweiterung zum darwinistischen Selektionsprinzip dar. Da Stabilität von komplexen, evolutionären Konstellationen auf Grund des latenten Selektionswettbewerbs prinzipiell kein Dauerzustand, sondern dynamisch ist, lassen sich punktuelle Ordnungszustände durch die Emergenz selbstorganisierender Feedback-Schleifen (bspw. Fortpflanzung ja/nein) erklären (Eigen & Schuster 1977, S.547). So beschreibt bspw. auch Kauffman sein Anliegen wie folgt: "[…] to combine the themes of self-organization *and* selection, we must expand evolutionary theory so that it stands on a broader foundation and then raise a new ediface. […] We must understand how such self-ordered properties *permit, enable* and *limit* the efficacy of natural selection".(Kauffman 1993, S.xiv, Hervorhebung Kauffman). Ein zweiter Strang biologischer Konzepte im Zusammenhang von Selbstorganisation bezieht sich auf die Ebene der Organismen bzw. Gruppen von Organismen. Hierbei geht es primär um die Herausbildung von kollektiven Ordnungszuständen, die aus dem Zusammenspiel von individuellen Interaktionen bspw. im Kontext von Schwarmintelligenz emergieren (Garnier u. a. 2007a). Hinsichtlich der Funktionsweise einzelner Organismen basiert zum Beispiel das menschliche Gehirn sowie Nervensystem auf Prinzipien der Selbstorganisation (Kelso 1995).

Obwohl die Auseinandersetzung mit Themen der Selbstorganisation originär vorwiegend naturwissenschaftlich geprägt war, finden entsprechende Konzepte auch in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften Anwendung. Indem die Erkenntnisse aus Evolutionstheorie und Systemwissenschaften unterstellen, dass auch soziale Gebilde wie Märkte, Organisationen, soziale Netzwerke, Gesellschaften etc. als systemisch charakterisiert werden können und ähnlich wie natürliche Populationen durch evolutionäre Mechanismen beeinflusst sind, wurden Konzepte der Selbstorganisation auch für Fragestellungen in diesen Bereichen relevant (siehe z. Bsp. Probst 1987; Kappelhoff 2000).

3.4.2.2 Überblick Literatur / WOS Statistik

Bei der Recherche wissenschaftlicher Artikel in wirtschaftsbezogenen Disziplinen erzielte die Suche nach Artikeln, die Konzepte der Selbstorganisation aufgreifen, insgesamt 335 Treffer. Diese verteilen sich mit 123 Hits auf das volkswirtschaftliche Themenfeld „economics" und mit 212 Treffern auf den eher betriebswirtschaftlich orientierten Bereich „business/management". Im Zeitverlauf verteilt sich die Publikations- und Zitationshäufigkeit wie folgt:

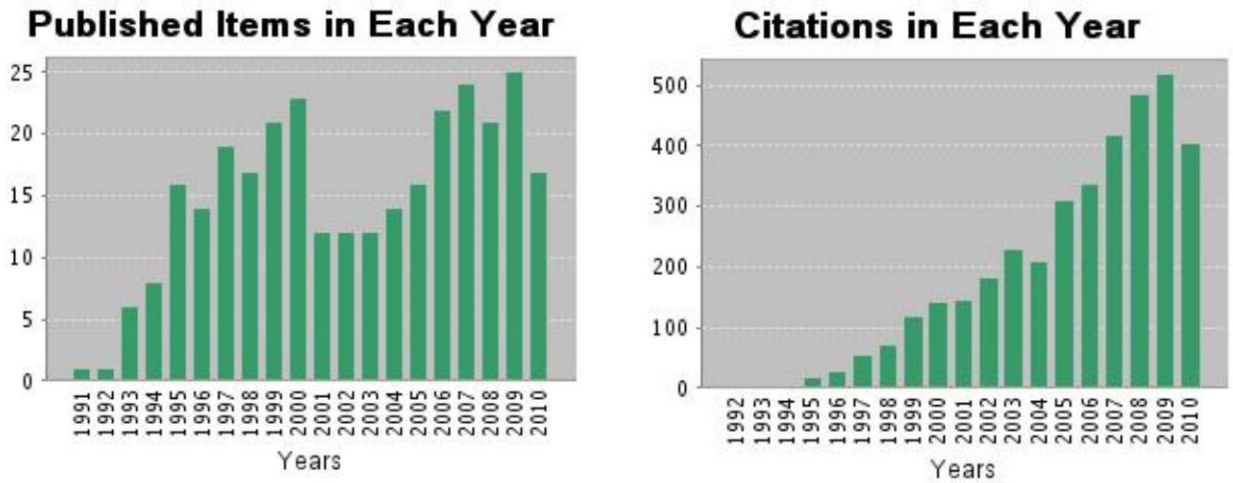


Abbildung 5: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Selbstorganisation

Die Verteilung zeigt, dass in den letzten 20 Jahren die Veröffentlichung von Artikeln, die Thematiken der Selbstorganisation aufnehmen, bis zum Jahr 2000 anstiegen, um dann spontan einzubrechen und ab 2004/2005 wieder signifikant anzusteigen. Die Zitationshäufigkeit ist in diesem Zeitraum unabhängig von der skizzierten Entwicklung im Bereich der Publikationen durch einen stetigen Anstieg gekennzeichnet.

Die inhaltliche Analyse der Artikel, die sich auf Selbstorganisation bzw. selbstorganisierende Prozesse beziehen, lässt folgende thematische Schwerpunktsetzung erkennen:

– Die wirtschaftsorientierten Anwendungsbereiche, die das Leitbild der Selbstorganisation aufnehmen, fokussieren sowohl auf die innere Struktur von Organisationen (Mikro-Ebene), ihre Beziehungen zu anderen Organisationen (interorganisationale Meso-Ebene) als auch auf die Makro-Ebene von Markt und Wettbewerb:
  - Steht die Mikroebene im Fokus, geht es im Zusammenhang von Selbstorganisation primär um das Zusammenspiel der Handlungen individueller Akteure und den daraus resultierenden Konsequenzen für die strukturelle Ordnung auf Organisationsebene. Dabei stehen zumeist Fragen im Mittelpunkt, die steuernde bzw. kontrollierende Managementstrategien gegen die Effekte der Koordination von Handeln durch Selbstorganisation abwägen.
  - Im Kontext der Auseinandersetzung mit interorganisationalen Beziehungen und dem Verhältnis von Organisationen und ihrer Umwelt hat Selbstorganisation als Gestaltungsansatz insbesondere Einfluss auf die Konstitution von Netzwerkstrukturen. Indem sich die Steuerung von interorganisationalen Netzwerken dem Einfluss einzelner Organisationen entzieht und darüber hinaus eine hohe Komplexität an Beziehungen integriert, entsteht Ordnung auf dieser Ebene verstärkt durch selbstorganisierende Tendenzen.
  - Wird Selbstorganisation auf Markt- und Wettbewerbsmechanismen bezogen, verweisen entsprechende Artikel in der Regel auf evolutionäre Analogien. In diesem Zusammenhang wird schwerpunktmäßig diskutiert, ob die zentralen Ordnungsmechanismen von Märkten eher aus dem Spannungsfeld von Variation und Selektion oder auf Effekte der Selbstorganisation

zurückzuführen sind. Zum Teil wird auch versucht, beide Ansätze miteinander zu verknüpfen.

– Neben der Evolutionstheorie, die einen theoretischen Bezugspunkt für Selbstorganisation bieten kann, ist vor allem auch die Komplexitäts- bzw. Systemtheorie inhaltlich eng mit der Thematik verbunden.

Ausgehend von der Gesamtheit der recherchierten Artikel können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

– Indem Hierarchien und Bürokratien mit ihrem Fokus auf zentrale Steuerung für das Agieren moderner Organisationen in komplexen und dynamischen Umgebungen nur noch in Einzelfällen die optimale Form der Koordination kollektiven Handelns darstellen, führt die Suche nach Alternativen neben anderen auch zum Leitbild der Selbstorganisation. Ausgehend von den naturwissenschaftlich geprägten Vorbildern wird diskutiert, inwiefern auch Interaktionen zwischen Individuen, Abteilungen oder Organisationen in Netzwerken auf den jeweils höheren Ordnungsebenen zu flexiblen, jedoch dennoch punktuell stabilen Zuständen emergieren können.

– Die Tendenz zu steigender Komplexität sowohl im Inneren der Organisationen als auch in deren Umgebung führt zum verstärkten Setzen auf Selbstorganisation als Strategie der Komplexitätsbewältigung. Begründet wird dieser Schritt immer wieder durch Rückgriff auf natürliche Vorbilder. Wobei die Begründung für die Übertragbarkeit der natürlichen bzw. naturwissenschaftlichen Prozesse und Kontextbedingungen auf soziale bzw. wirtschaftliche Phänomene im Einzelfall genau analysiert werden muss.

3.4.2.3 Relevante Artikel

Titel: The Science of Complexity: An Alternative Perspective for Strategic Change Processes	
Autor(en): Ralph D. Stacey	**Erscheinungsjahr:** 1995
Erscheinungsort: Strategic Management Journal, Vol. 16, No. 6 S. 477–495	**Zahl der Zitationen:** 124
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Nach Meinung des Autors lassen sich die vorherrschenden Erklärungsansätze für den strategischen Wandel von Organisationen in zwei Stränge differenzieren: der eine unterstreicht die Möglichkeiten strategischer Organisationsentwicklung durch situative Anpassung an die äußeren Gegebenheiten und der andere die Selektion durch Markt- und Wettbewerbskräfte. Beide Ansätze führen komplementär zu der Vorstellung, dass die Überlebens- bzw. Wettbewerbsfähigkeit von Organisationen primär auf eine kausale Verbindung zwischen Prozessen und ihren Folgen zurückzuführen ist und die Ordnung von Märkten etc. einem vorhersehbaren, stabilen Gleichgewicht entspricht. Staceys Konzept setzt sich hiervon ab und beschreibt einen dritten Strang, der sich an der Komplexitätstheorie orientiert und auf Konzepten wie Selbstorganisation, nichtlinearen, netzwerkartigen Feedbackschleifen, emergenten Ordnungszuständen etc. basiert. In diesem Zusammenhang bildet das Modell komplexer adaptiver Systeme den Rahmen für die Analyse organisationaler Veränderungsprozesse. Die Relevanz dieses dritten Stranges liegt darin, dass die Bedingungen für eine innovative, kreative und wandlungsfähige Entwicklung organisationaler Prozesse in der Regel jenseits stabiler Gleichgewichte liegen und auf Unordnung, Heterogenität und Zufall basieren. Da sich in einem solchen Zustand die prognostizierbare Verbindung zwischen bestimmten Ereignissen und ihren Folgen auflöst, ist die zukünftige Entwicklung von Organisationen (i. S. komplexer adaptiver	

Systeme) prinzipiell offen und daher kaum vorhersehbar. Die Konsequenz dessen bildet der Befund, dass mittel- bis langfristige strategische Planung in Organisationen weder von externen Experten (bspw. Unternehmensberatern) noch von internen Entscheidungsträgern geleistet werden kann, sondern sich Entscheidungen und Handlungen von (Gruppen von) Individuen in Organisationen grundsätzlich nur auf die unmittelbar anstehenden Interventionen beziehen können. Stattdessen kommt Stacey zu dem Schluss, dass „long-term outcomes emerge from a process which is basically self-organizing." (490)

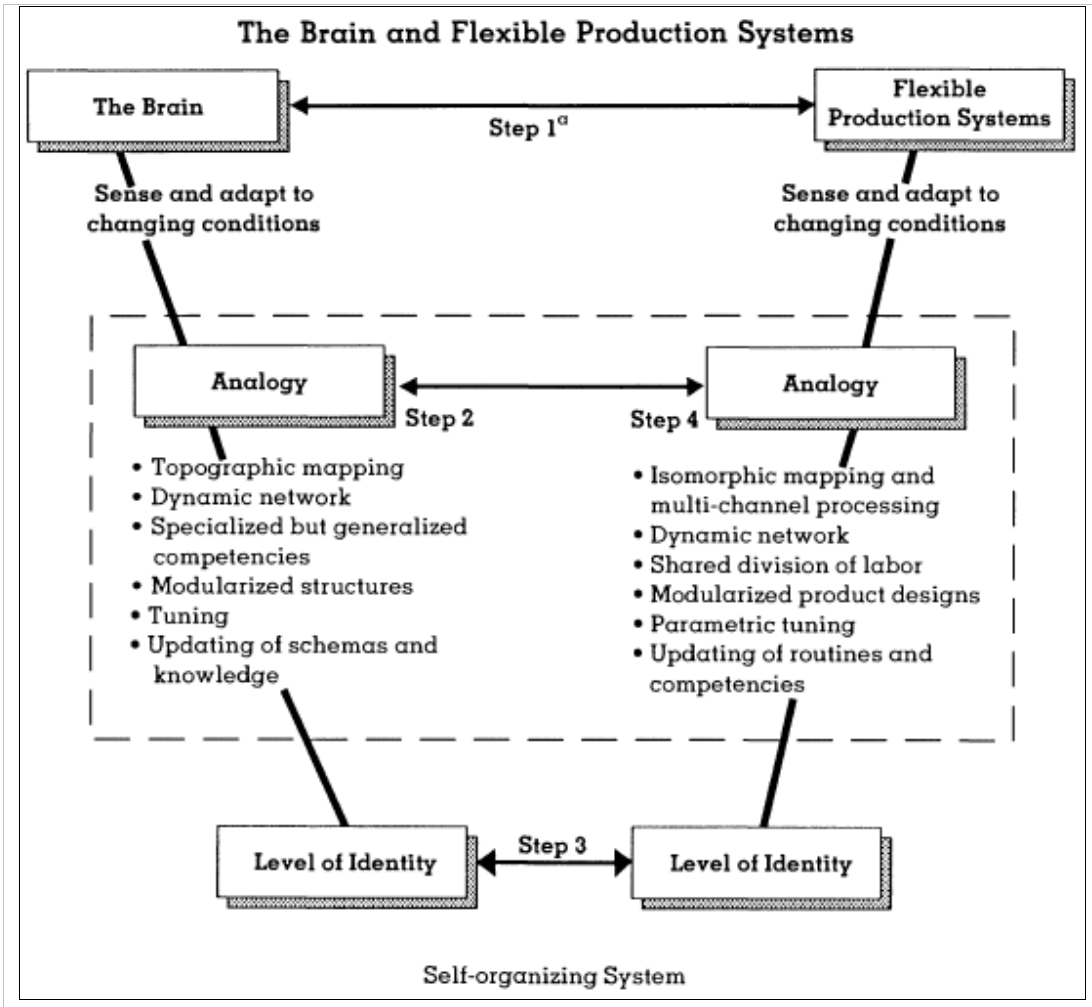
Ausgehend von dieser Erkenntnis sollte Forschung im Bereich strategischer Organisationsgestaltung den Fokus primär auf das Verständnis der Gruppendynamiken in spontanen, organisationalen Lern- und Innovationsprozessen setzen. Die Komplexitätswissenschaften schlagen in dieser Hinsicht vor, insbesondere die zufälligen Beziehungen zwischen Organisationsmitgliedern und deren unmittelbare Entscheidungsroutinen zu betrachten, da diese in Aggregation zu komplexen organisationalen Verhaltensmustern emergieren und so zukünftige Entwicklungs- und Erneuerungsprozesse auslösen.

Titel: Using the Brain as a Metaphor to Model Flexible Production Systems	
Autor(en): Raghu Garud and Suresh Kotha	**Erscheinungsjahr:** 1994
Erscheinungsort: The Academy of Management Review, Vol. 19, No. 4, S. 671–698	**Zahl der Zitationen:** 44

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Für Unternehmen in Industrien, die durch schnellen Wandel und vielfältige Märkte gekennzeichnet sind, stellen flexible Produktions- und Fertigungsverfahren einen wesentlichen Aspekt zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit dar. Flexibilität in Produktionsprozessen vergegenwärtigt sich bspw. in der Fähigkeit, veränderte Nachfragesituationen zeitnah zu befriedigen, oder im Vermögen, notwendigen technologischen Wandel angemessen zu implementieren: Sie führt in der Konsequenz typischerweise zu Wettbewerbsvorteilen gegenüber trägeren Organisationen. So gelang es bspw. seit den 80er Jahren vielen japanischen Firmen, durch flexible Produktionsweisen (vgl. „Toyotismus") Vorteile in verschiedenen Industriezweigen (Automobil, Konsumelektronik) zu erlangen. Diese Entwicklung war vor allem auch mit kompetitiven Nachteilen für die „alten" Industrienationen verbunden, da diese noch durch effizienz- und skalenoptimierte Fertigungsverfahren geprägt waren und in der Regel den standardisierten „one best way" der Produktion verfolgten. Um diesen Nachteil zu kompensieren, wurde in der Folge auf einen verstärkten Einsatz neuer Fertigungstechnologien gesetzt, die flexiblere Produktionsverfahren ermöglichen.

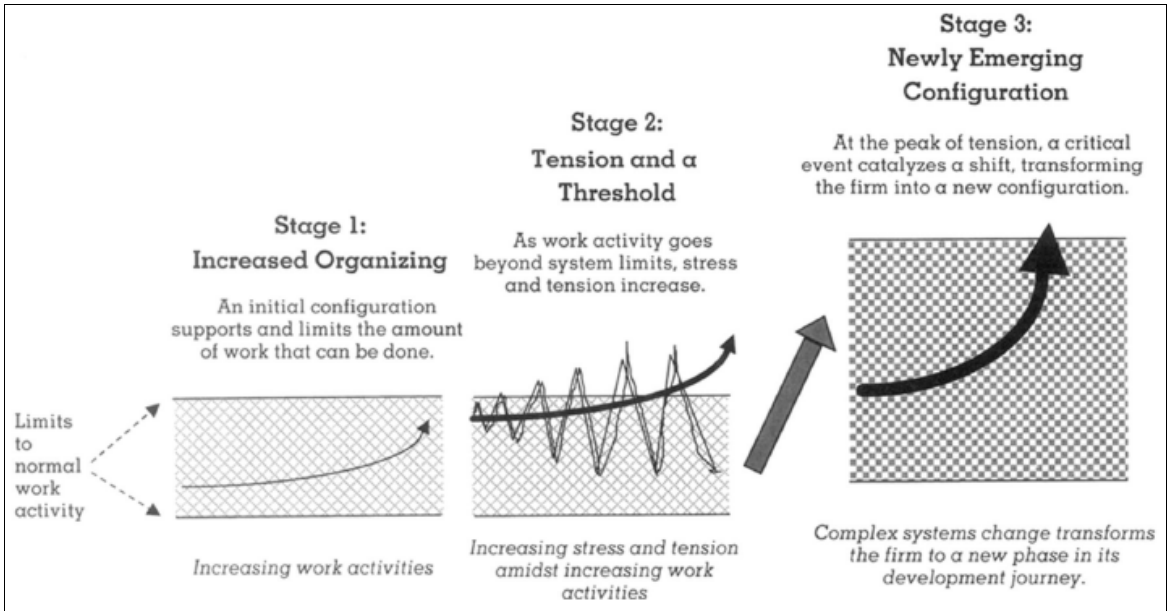
Vor diesem Hintergrund vertreten die Autoren die These, dass die Potenziale dieser neuartigen Technologien jedoch nur dann ausgenutzt werden können, wenn ausgehend von einer systemischen Betrachtungsebene auch die sozialen Facetten (Entscheidungsfindungsroutinen, Machtstrukturen in Unternehmen, Kommunikationswege etc.) auf gesteigerte Flexibilität ausgerichtet sind. Um ihren Ansatz zu illustrieren, bedienen sie sich der Analogie zum menschlichen Gehirn, das ein Paradebeispiel eines flexiblen, selbstorganisierten Systems darstellt (676):



Die flexible Funktionsweise des Gehirns basiert entscheidend auf der Fähigkeit der Selbstorganisation, die es ermöglicht, eine Vielzahl von externen Stimuli situativ zu verarbeiten. Selbstorganisation wird wiederum dadurch ermöglicht, dass Hirnströme parallel und multioptional in einem kooperativen Verarbeitungsprozess zusammenlaufen. Diesen Idealtyp selbstorganisierender Prozesse beziehen die Autoren im Rückschluss auf Fertigungs- und Produktionsprozesse. Diese sollten möglichst hierarchie- und kontrollfrei sein, um parallele, selbstorganisierte Abläufe zu vereinfachen sowie die prinzipielle Möglichkeit des Lernens und Entwickelns („evolvement") sicherzustellen. Als Resultat stellen die Autoren für flexible Unternehmen das Vermögen in Aussicht, schnell und adaptiv auf äußere Veränderungen reagieren zu können, wobei die schnelle und variable Anpassung durch einen relativ geringen und in jedem Fall hoch effizienten Ressourceneinsatz umgesetzt werden kann.

Titel: Self-Organized Transitions: A Pattern Amid the Chaos of Transformative Change	
Autor(en): Benyamin Bergmann Lichtenstein	**Erscheinungsjahr:** 2000
Erscheinungsort: The Academy of Management Executive, Vol. 14, No. 4 S. 128–144	**Zahl der Zitationen:** 16
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Ausgehend vom Theoriegebäude der Komplexitätstheorie widmet sich der Artikel der Analyse von Entwicklungsprozessen von kleineren, neugegründeten Unternehmen. Dementsprechend bilden drei StartUps aus dem IuK-Sektor den empirischen Gegenstand, von dem allgemeine Erkenntnisse abgeleitet werden. Dabei kommt es dem Autor weniger auf die konkreten Ergebnisse als auf	

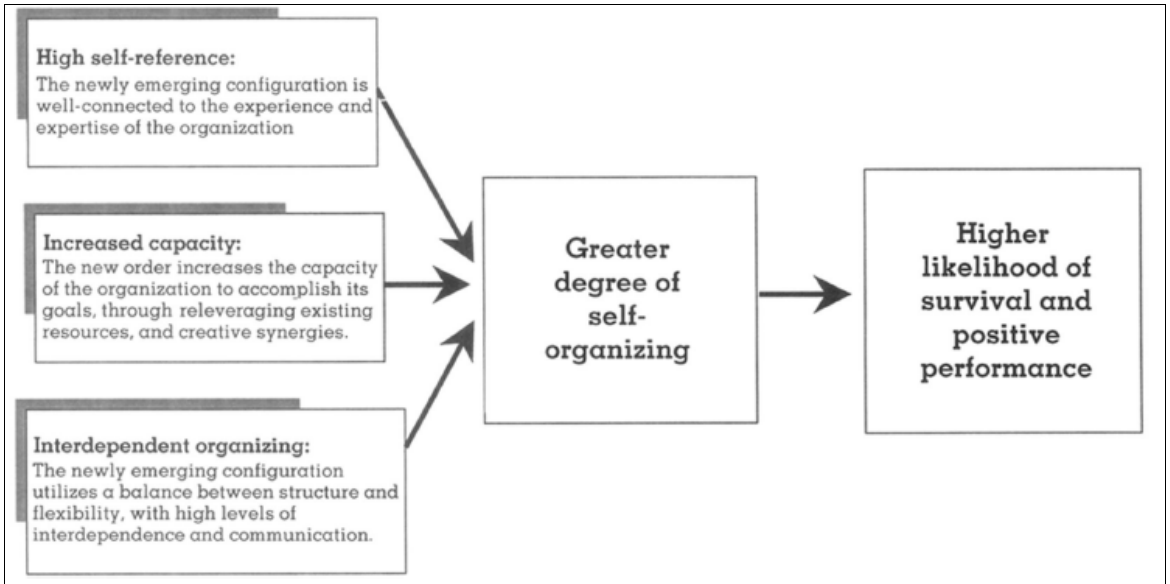
die Prozesse der organisationalen Veränderung an, die ein generalisierbares Muster aus drei idealisierten Stufen bilden (132):



The Pattern of Complex Adaptive Systems Change

Thematisieren traditionelle Erklärungsansätze für die (positive) Entwicklung kleiner, neugegründeter Unternehmen die typischen Prozesse inkrementellen Wachstums, widmet sich Lichtenstein denjenigen Fällen (hier geht er von ca. 40% Eintrittswahrscheinlichkeit aus), die weder lineare noch inkrementelle Eigenschaften aufweisen, sondern durch unvorhersehbare, sprunghafte Wechsel geprägt sind. So beschreibt er für eines der untersuchten StartUps Folgendes: „The transition […] was a non-linear shift – a rapid transformative change from one configuration to another. Far from being incremental, change erupted when the company crossed a critical threshold – a limitation on its ability to grow within its organizing framework." (131)

Im Rahmen dieser Wandlungsprozesse „am Rande des Chaos" stellt Selbstorganisation ein zentrales Motiv dar. So sind die in der obigen Grafik dargestellten Entwicklungsstufen das Ergebnis selbstorganisierter transformatorischer Prozesse, die durch externe Effekte ausgelöst werden und intern neuartige Ordnungs- und Organisationsprozesse emergieren lassen. Derartige Prozesse positiver Entwicklung durch Selbstorganisationen sind durch drei Aspekte gekennzeichnet, die sich wie folgt auswirken (138):



Qualities and Impacts of Positive Self-Organization

Für den Einfluss von Managern in StartUps bedeuten diese Erkenntnisse, dass sich die Ergebnisse von Wandlungsprozesse auf Grund ihres dynamischen, nicht-linearen Charakters mitunter nicht konkret vorhersagen lassen, jedoch einem groben Muster folgen. In dieser Hinsicht schließt der Autor mit Hinweisen für das strategische Management, das im Wesentlichen den Ausbau der Kernkompetenzen und grundlegenden Organisationsprinzipien eines Unternehmens fokussieren soll, die infolge Gegenstand der (positiven) transformativen Entwicklungsdynamik werden.

Titel: Through the Looking Glass of Complexity: The Dynamics of Organizations as Adaptive and Evolving Systems	
Autor(en): Benoit Morel and Rangaraj Ramanujam	**Erscheinungsjahr:** 1999
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 10, No. 3, S. 278–293	**Zahl der Zitationen:** 41

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Der Artikel befasst sich mit möglichen Verknüpfungspunkten zwischen der Theorie Komplexer Systeme („complex systems theory“ – CST) und der Organisationstheorie (OT). Dabei geht es insbesondere um methodische und analytische Implikationen, die sich von CST auf OT übertragen lassen.

Den Ausgangspunkt bildet die Feststellung, dass Organisationen im aktuellen theoretischen Diskurs typischerweise als adaptive, dynamische Systeme verstanden werden, die sich untereinander und mit ihrer jeweiligen Umwelt in interaktiver Auseinandersetzung befinden. In diesem Sinn bilden Organisationen ein Beispiel für „komplexe Systeme“, wie sie im Kontext der CST beschrieben werden. Bezogen auf das Forschungsobjekt, befinden sich OT und CST nach Meinung der Autoren demzufolge in einer naheliegenden und unumgänglichen Verwandtschaft. Daher ähnelt sich auch das Erkenntnissinteresse der Theorien, das jeweils die Entstehung von Prozess- und Ordnungsmustern oder die Herausbildung neuer Formen betrifft.

Um die dargestellten Phänomene zu erklären, kann die OT im Wesentlichen vier bestimmte analytische Konzepte und Instrumente der Theorie komplexer Systeme anwenden. Anders als es in der Auseinandersetzung mit organisationalen Phänomenen methodisch typisch ist, basieren diese Konzepte weitgehend auf Computersimulationen und/oder mathematischen Modellen.

- komplexe adaptive Systeme (KAS): Indem sich KAS aus der Interaktion adaptiver Agenten zusammensetzen, bilden daraus entstehende Beziehungsmuster bspw. ein Konzept, um die Herausbildung von Hierarchien zu beschreiben.
- Selbstähnlichkeit („self-similarity“): beschreibt das Konzept struktureller und/oder funktionaler Ähnlichkeit von Einheiten auf unterschiedlichen Systemebenen (Bsp.: Beziehungen zwischen Subsystemen eines Systems ähneln den Beziehungen von Elementen innerhalb eines Subsystems).
- Selbstorganisierte Kritikalität („self-organized criticality“ – SOC): SOC beschreibt das Phänomen von „Stabilität am Rande des Chaos“, welches typischerweise durch das Sanduhr-Modell vermittelt wird: wenn die Sandkörner von der oberen Hälfte der Uhr in die untere rieseln, bildet sich dort ein Sandkegel, der zusehends steiler wird – dieser Vorgang bleibt solange konstant, bis ein kritischer Zustand (SOC) überschritten wird und jedes weitere Sandkorn zu „Lawinen“ führen kann und die Ordnung des Systems „Sandkegel“ bricht.
- Selbstorganisation: beschreibt einen dynamischen Prozess, der Einheiten eines Systems so koordiniert, dass sich spontan enervierende Ordnungszustände einstellen. In diesem Sinn gilt biologische Evolution als Paradigma für solche Prozesse.

Die Autoren illustrieren in der Folge die Relevanz der CST-Konzepte (insbesondere Selbstorganisation und SOC) an den naheliegenden Beispielen organisationaler Evolution und sozialer (organisationaler) Netzwerkanalyse, bevor sie einen Ausblick auf sich anschließende Forschungsfragen geben.

3.4.2.4 Bezug Bionik

Die Übertragung des Phänomens der Selbstorganisation auf die Entwicklung von Märkten, Organisationen oder Technologien stellt sicher eines der voraussetzungsvollsten potenziellen Anwendungsfelder der Bionik dar. Dies liegt daran, dass die wissenschaftliche Analyse von Selbstorganisation als Erfolgsprinzip der Evolution aufgrund der vielfach wenig verstandenen Beziehungen zwischen Komplexität, Flexibilität und Emergenz höchst anspruchsvoll ist. Insofern fungiert Selbstorganisation (zumindest aktuell) zwar als konkretes Gestaltungsleitbild für wirtschafts- oder organisationsbezogene Entwicklungszusammenhänge, gleichwohl gilt es zumeist als Metapher für quasinatürliche Prozesse bei der Ausbildung emergenter Struktur- und Ordnungsmuster.

Ausgehend von der Analyse der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur zum Thema ergeben sich nichtsdestotrotz weitreichende Implikationen für die Wirtschafts- und Managementbionik:

- Die Erweiterung sozialwissenschaftlicher und ökonometrischer Methoden um Ansätze der Simulation von Selbstorganisation (insb. am Beispiel komplexer adaptiver Systeme) stellt eine Möglichkeit dar, wirtschaftsorientierte Fragestellungen auf Basis computerbasierter, naturwissenschaftlich-orientierter Prinzipien zu befruchten. Dabei können bspw. die Komplexität von Marktbeziehungen, die zunehmende Flexibilisierung von Organisationsstrukturen sowie die dynamischen Verhältnisse zwischen Organisationen und ihrer Umwelt in entsprechenden Ansätzen angemessen berücksichtigt und Prozesse der Entstehung von systemischer Ordnung und punktueller Stabilität erkenntnissteigernd simuliert werden.
- Auch wenn der unmittelbare Effekt emergenter Strukturbildung nur bedingt nachvollzieh- und übertragbar ist, können doch Aspekte bzw. Ansätze und Rahmenbedingungen identifiziert werden, die solche Prozesse begünstigen. Vor diesem Hintergrund kann die Verbesserung der Voraussetzungen für Prozesse der Selbstorganisation und Selbststeuerung insofern zu einem bionischen Gestaltungsleitbild werden, als Organisationen bei der Gestaltung ihrer strukturellen Rahmenbedingungen Eigenschaften wie Multioptionalität, interaktive Kooperationsmöglichkeiten, Hierarchiefreiheit u. ä. berücksichtigen können, um die Ausprägung flexibler Ordnungsmuster zu begünstigen.
- In einer übergreifenden theoretischen Perspektive öffnet die Konzeptualisierung von Organisationen, Märkten etc. als selbstorganisierende, komplexe Systeme eine Vielzahl von zusätzlichen Möglichkeiten, um Phänomene von Wandel und Transformation, sich verändernden Gleichgewichten in Wirtschaftsbeziehungen oder der Herausbildung neuer Ordnungsmuster zu erklären und zu verstehen. Eine solche Sichtweise könnte – insbesondere dort, wo sie auf Ergebnisse der Ökosystemforschung und der biologischen Evolutionstheorie zurückgreift – im weiteren Sinn als bionisch bezeichnet werden.

3.4.3 Resilienz

3.4.3.1 Begriffsklärung und -Herkunft

Resilienz beschreibt die Fähigkeit von Systemen, ihre Systemdienstleistungen auch unter dynamischen Rahmenbedingungen, unter dem Einfluss externer Störfaktoren und vergleichbarer Turbulenzen aufrecht zu erhalten. In der theoretischen Auseinandersetzung bilden die Arbeiten von Holling dabei die zentrale Referenz. So definiert dieser in seinem 1973er Artikel „Resilience and Stability of Ecological Systems“ Resilienz als: „measure of the persistence of systems and of their ability to absorb change and disturbance and still maintain the same relationships between populations or state variables” (Holling 1973, S.14). 1986 variiert er diese Definition und beschreibt Resil-

ienz als „the ability of a system to maintain its structure and patterns of behavior in the face of disturbance." (Holling 1986, S.296) Resilienz ist in diesem Sinn durch die Eigenschaft eines Systems gekennzeichnet, die internen Strukturen und Muster entgegen externer Störgrößen aufrecht zu erhalten. Hollings Fokus auf die Absorptionsfähigkeit von Systemen steht die Definition von Pimm gegenüber, der Resilienz als das Maß der Schnelligkeit beschreibt, mit der Systeme zu ihrem stabilen Gleichgewichtszustand zurückfinden, nachdem die von externen Störungen getroffen wurden (Pimm 1984).

Obwohl die Konzeption resilienter Systeme auch andere Wurzeln hat (z. B. in der Werkstofftechnik und der Entwicklungspsychologie), erfolgte die frühe Auseinandersetzung mit dem Thema insbesondere in Bezug auf Ökosysteme. Dies geschah vor allem mit dem Ziel, einen analytischen Rahmen für eine Reihe von spezifischen Eigenschaften zu entwickeln, die Ökosysteme besonders robust und wandlungsfähig erscheinen lassen. In diesem Zusammenhang gelten folgende drei, zum Teil bereits erwähnte Aspekte als zentrale Eigenschaften resilienter (Öko-)Systeme (vgl. Berkes u. a. 2003, S.393 ff.):

– Fähigkeit eines Systems, die eigenen Kernattribute trotz externer Störungen zu gewährleisten
– Fähigkeit eines Systems zur Selbstorganisation
– Adaptions- und Lernfähigkeit eines Systems im Kontext externer Veränderungen

Einen weiterer früher Strang der Resilienzforschung, der jedoch die individuelle im Unterschied zur systemischen Ebene in den Fokus rückt, entwickelte sich im Bereich der Psychologie, in der Resilienz als die Fähigkeit beschrieben wird, persönliche Krisen durch Rückgriff auf individuell und sozial vermittelte Ressourcen zu überstehen und diese als Basis für die eigene Entwicklungen zu nutzen (vgl. Fröhlich-Gildhoff & Rönnau-Böse 2009).

Ergänzend zu den Anwendungen von Resilienz auf die Psychologie von Individuen und der Konstitution von Ökosystemen hat sich auch im Bereich der Organisationstheorien und Wirtschaftswissenschaften ein Zweig etabliert, der sich mit Fragestellungen der Widerstandsfähigkeit und Störungstoleranz von Organisationen bzw. „business ecosystems" befasst. Dieser Ansatz basiert dabei aus dem Umstand, dass auch Wirtschaftssysteme und Organisationen verstärkt externen Störungen ausgesetzt sind und insofern von den biologischen Vorteilen ökosystemischer bzw. psychologischer Resilienz Rückschlüsse auf den Umgang mit turbulenten Situationen gezogen werden können.

Von Gleich et al (2010) diskutieren insbesondere die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes des Konzepts „resilienter Systeme" als Gestaltungsleitbild nicht nur für technische, sondern auch für soziale und ökonomische Systeme. Hervorzuheben sind insbesondere die von ihnen erarbeiteten Gestaltungselemente resilienter Systeme. Darunter liegen *Systemfähigkeiten* wie Adaptivität, Lernfähigkeit und Reparaturfähigkeit. Hervorgebracht werden diese Fähigkeiten durch bestimmte *Systemstrukturen* wie Vielfalt / Diversität, Redundanz / Modularität, Pufferkapazitäten / Dämpfer und dem Verhältnis positiver und negativer Rückkopplungsmechanismen sowie durch bestimmte *Systemressourcen* wie Energie, Stoffe und Information.

3.4.3.2 Überblick Literatur / WOS Statistik

Die Suche nach Artikeln, die in wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen veröffentlicht wurden und Begriffe wie Resilienz („resilience") bzw. resilient beinhalten führte zu insgesamt 364 Treffern, wobei im Bereich „economics" 205 und in management- und businessorientierten Magazinen 159 Ar-

tikel publiziert wurden. Die Verteilung der Häufigkeit auf die Jahre 1990 bis 2010 ergibt folgendes Bild:

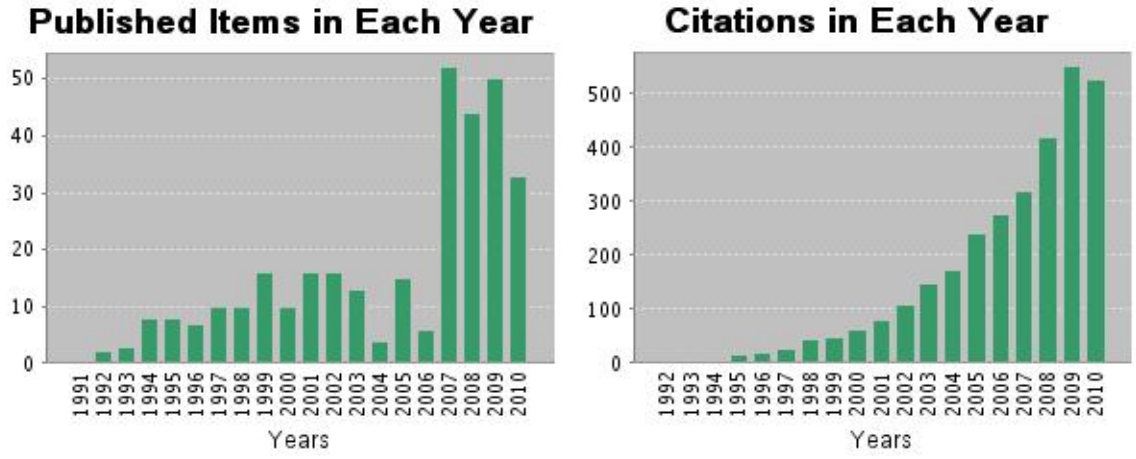


Abbildung 6: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Resilienz

Es wird deutlich, dass im Bereich der Publikationen die Entwicklung bis zum Jahr 2006 eher unkonstant war und sich die Veröffentlichungshäufigkeit ab 2007 dann um ein Vielfaches erhöhte. Dies liegt insbesondere daran, dass ab diesem Zeitraum der Resilienzdiskurs verstärkt in der Nachhaltigkeitsdebatte und in der Klimafolgendebatte virulent wurde. Einen großen Anteil an dieser Entwicklung hatte die Resilience Alliance und das Intergovernmental Panel on Climate Change[12]. Gleichzeitig rückte das Resilienzkonzept auch als Strategieressource für Unternehmen verstärkt ins Zentrum der wissenschaftlichen Betrachtung.

Dieser Eindruck spiegelt sich auch in der inhaltlichen Analyse der Artikel wider, die folgendes thematisches Spektrum erkennen lässt:

– Wird das Gestaltungsleitbild der Resilienz auf Organisationen bezogen, geht es primär um Fragen der Verlässlichkeit ihrer Strukturen. Organisationen, die innerhalb turbulenter und krisenaffiner Rahmenbedingungen resilient agieren, werden dabei zumeist Eigenschaften wie Adaptivität, Lernbereitschaft und ein gesteigertes Bewusstsein für externe Probleme zugewiesen. In Bezug auf das Management von Organisationen kann Resilienz ferner als eine strategische Ressource unter Bedingungen externer Unsicherheit fungieren. Resiliente Systeme sind dann solche, die aufgrund von struktureller Fitness nicht nur mit erwartbaren Störereignissen, sondern auch mit Überraschungen fertig werden, und die auch die sich im Zuge dieser Überraschungen möglicherweise eröffnenden Chancen zu ergreifen in der Lage sind.

– Ein weiteres ökonomisches Anwendungsfeld von Resilienz betrifft die Gestaltung von Wertschöpfungsketten in und zwischen Organisationen, die ebenfalls Ziel externer Störungen sein können und diese durch resiliente Eigenschaften kompensieren müssen.

– Bezogen auf die Ebene der Mitarbeiter in Organisationen wird die psychologische Komponente von Resilienz stärker betont. In dieser Hinsicht werden Fragen der Karriere-Resilienz („career resilience“) bzw. der Resilienz unbefristeter Arbeitsverhältnisse („resilience of the long-term employment relationship“) diskutiert. So sind Unternehmen, die ihren Mitarbeitern eine

[12] Vgl. http://www.resalliance.org/1598.php und http://www.ipcc.ch/index.htm

resiliente Anstellung gewährleisten in einem strategischen Vorteil gegenüber solchen, die dies nicht sicherstellen.

– Ergänzend zu diesen bio- bzw. öko-analogen Anwendungen wird Resilienz auch im Bereich der Wirtschaftswissenschaften zum Teil in ihrem originären Sinnzusammenhang thematisiert. Dabei geht es in der Regel um die ökonomische Quantifizierung von Maßnahmen, die Resilienz in krisengebeutelten Ökosystemen unterstützen bzw. aufrechterhalten.

Der inhaltliche Überblick der recherchierten Artikel führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

– Da Wirtschaftssysteme wie bspw. auch Ökosysteme verstärkt mit externen Schocks (Krisen etc.) konfrontiert sind, wird auch das Leitbild der Resilienz im Kontext von Organisationen und Unternehmen zunehmend relevant. Dabei wird Resilienz jedoch auf unterschiedliche analytische Ebenen bezogen und kann sowohl auf Einzelunternehmen, aber auch auf Wertschöpfungsketten in oder Communities von Unternehmen angewendet werden.

– Resilienz korreliert im Kontext der Organisationstheorie häufig mit Attributen wie Selbstregulation, Selbstorganisation, Adaptivität und Flexibilität, die moderne, zeitgemäße Organisationsstrukturen widerspiegeln. Damit stellt das Konzept der Resilienzeinen Gegenpol zu starren, hierarchischen und trägen Organisationen dar, denen vor dem Hintergrund steigender Unsicherheit in Wirtschaftsbeziehungen ein strategischer Nachteil unterstellt wird. Resilienz wird häufig als das Gegenteil von Verletzlichkeit („vulnerability“) diskutiert, ein Begriff der vor allem aus der Katastrophenforschung stammt. Resilienz soll als Gestaltungsleitbild verwendet werden, während Vulnerabilität als analytisches Konzept Verwendung finden soll. Beide Einsatzmöglichkeiten beschränkten sich nicht auf technische oder Infrastruktursysteme, sondern sind auch auf soziale und ökonomische System fruchtbar anwendbar.

3.4.3.3 Relevante Artikel

Titel: The Collapse of Sensemaking in Organizations: The Mann Gulch Disaster	
Autor(en): Karl E. Weick	**Erscheinungsjahr:** 1993
Erscheinungsort: Administrative Science Quarterly, Vol. 38, No. 4), S.628–652	**Zahl der Zitationen:** 387

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Ausgehend von der Analyse des „Mann Gulch Fire“, einem Waldbrand bei dem 1949 13 Feuerwehrmänner ums Leben kamen (12 davon gehörten zu einer Einheit von Fallschirmspringern), problematisiert Weick Unzulänglichkeiten in der Herstellung von Sinn („sensemaking“) und die Desintegration von Rollenstrukturen in kleinen bzw. Kleinst-Organisationen (Bezug: Gruppe der Fallschirmspringer).

Das Kernproblem lag im geschilderten Fall darin, dass sich die Organisation der Feuerwehrleute vor dem Hintergrund des unkontrollierbaren Feuers auflöste. Der Autor setzt das mit fehlender Resilienz der Organisation gleich und schlägt in der Folge vier Ansätze vor, um diese zu erhöhen und die organisationale Verletzlichkeit („vulnerability“) zu kompensieren:

1. Improvisation und „Bricolage": Hierbei geht es um die Fähigkeit von Organisationen / Akteuren, auch in Drucksituationen kreative Lösungsansätze zu entwickeln, wobei diese Fähigkeit in einem turbulenten Umfeld auch zur Routine werden kann: „As a result, when one organizational order collapses, a substitute might be invented immediately.“ (640)
2. virtuelles Rollenbewusstsein („virtual role system“): Jedes individuelle Mitglied einer Organisation besitzt die Fähigkeit die Rolle des anderen zu übernehmen, um eventuelle Ausfälle so zu kompensieren.
3. angemessener Aufbau neuen Wissens: Der Aufbau neuen Wissens erfolgt möglichst flexibel. D.h., dass jede Wissensdomäne nur in dem Maße relevant werden sollte, wie es situativ

notwendig ist, oder mit anderen Worten: „In a fluid world, wise people know that they don't fully understand what is happening right now, because they have never seen precisely this event before. Extreme confidence and extreme caution both can destroy what organizations most need in changing times, namely, curiosity, openness, and complex sensing." (641)

4. Respektvolle Interaktion: Grundlage respektvoller („face-to-face") Interaktion bildet Intersubjektivität. Intersubjektivität gewährleistet zwischen Individuen die Synthese relevanter Informationen und Bewusstsein für unterschiedliche Sichtweisen und Interpretationen. Insbesondere in Krisen- und Katastrophensituationen, in denen typische Rollenstrukturen aufgebrochen werden müssen, kann Intersubjektivität zum Schlüsselfaktor für das Gelingen von Lösungsstrategien werden.

Auch wenn diese Ansätze für einen resilienten Umgang mit Problemsituation primär auf das Beispiel der skizzierten Feuerkatastrophe bezogen werden, lassen sich die Resilienzkriterien auch auf weniger dramatische Situationen im Alltag von Organisationen beziehen. Bspw. sind Unternehmen zunehmend mit Turbulenzen und Krisen der Märkte etc. konfrontiert, was auch in diesem Kontext zu einer gestiegenen Notwendigkeit an Resilienz führt.

Titel: Resilience in the Dynamics of Economy-Environment Systems	
Autor(en): Charles Perrings	**Erscheinungsjahr:** 1998
Erscheinungsort: Environmental and Resource Economics 11(3–4), S.503–520	**Zahl der Zitationen:** 42
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Der Artikel verknüpft das Konzept ökologischer Resilienz mit der Analyse dynamischer Beziehungen auf der Ebene von Wirtschafts- und Umweltsystemen, die in einem gemeinsamen Kontext betrachtet werden. Der Fokus liegt dabei sowohl auf Fragestellungen der Stabilität in dynamischen Systemzusammenhängen als auch auf der Evolution solcher Systeme. Den Ausgangspunkt der Auseinandersetzung bildet die Annahme, dass Resilienz ein Maß für die Stabilität von Systemen gegen den Einfluss externer „Schocks" darstellt. In diesem Sinn folgt Perrings im Wesentlichen der Resilienz-Definition Hollings mit dem Schwerpunkt auf Resistenz. Obwohl sich die Umwelt von Systemen vor diesem Hintergrund prinzipiell zufällig darstellt, unterstreicht der Autor die Vorteile einer modellhaften Anwendung von Markov-Prozessen, um die Stabilität von Wirtschafts- und Umweltsystemen zu simulieren und Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten zukünftiger Ereignisse (Wandel, Evolution) zu ermitteln. Die Resilienz des Systems und etwaige Zustandsveränderungen bilden dabei den zentralen Gegenstand der Simulation. Die Integration des ursprünglich ökologischen Resilienz-Konzepts wirkt sich auf die Analyse von Wirtschaftssystemen insofern aus, als sie die Perspektive auf wirtschaftliche Dynamiken verändern kann und Einsichten dafür liefert, wie ökonomische und umweltorientierte Interaktionen den Wandel von Systemen beeinflussen können. In dieser Hinsicht bleibt Perrings Artikel jedoch weniger konkret als programmatisch.	

Titel: The Quest for Resilience	
Autor(en): Gary Hamel, Liisa Välikangas	**Erscheinungsjahr:** 2003
Erscheinungsort: Harvard Business Review Volume: 81 (9), S. 52–65	**Zahl der Zitationen:** 35
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Dieser praxisorientierte Artikel startet mit dem Befund, dass das Umfeld für Unternehmen zunehmend durch kurzfristige Turbulenzen gekennzeichnet ist, die Unternehmen selbst aber nicht in angemessener Geschwindigkeit resilient werden können – die Autoren sprechen in diesem	

Zusammenhang von einer „resilience gap“. Als Beweis für ihre Annahme verweisen sie auf aktuelle Tendenzen des US-amerikanischen Marktes, auf dem bspw. von den 20 größten Bankrotterklärungen der letzten 20 Jahre zehn in den letzten zwei Jahren erfolgten. Die Autoren leiten in der Folge ab, dass das Momentum aus Unternehmensgröße, Tradition und Marktakzeptanz als Garant für steigenden wirtschaftlichen Erfolg und Wettbewerbsfähigkeit an Bedeutung einbüßt und sich Unternehmen zusehends flexibel an Irritationen und Unregelmäßigkeiten (bspw. regulatorische Umbrüche, technologische Paradigmenwechsel, Veränderungen im Konsumentenverhalten etc.) in ihrem Umfeld einstellen müssen, um dauerhaft erfolgreich zu sein.

Statt auf Stabilität sollten Unternehmen dauerhaft auf die Fähigkeit der Resilienz setzen, welche hier als Vermögen definiert wird, Geschäftsmodelle und Unternehmensstrategien dynamisch zu verändern und vorausschauend an die äußeren Veränderungen anzupassen: „[Resilience] is about continuously anticipating and adjusting to deep, secular trends that can permanently impair the earning power of a core business. It’s about having the capacity to change before the capacity of change becomes desperately obvious.” (2)

Davon ausgehend entwerfen die Autoren ein Ideal resilienter Unternehmensstrategie, die sich permanent verändert, sich flexibel auf aufkommende Trends und Möglichkeiten einstellt und konsequent an der eigenen Zukunft arbeitet, statt die Vergangenheit zu verteidigen.

Titel: A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: Linking ecology, economics and society in a complex world	
Autor(en): Ryan Plummer, Derek Armitage	**Erscheinungsjahr:** 2007
Erscheinungsort: Ecological Economics, Volume: 61 (1), S. 62–74	**Zahl der Zitationen:** 18

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Adaptives Ko-Management beschreibt einen Ansatz, der nicht exklusiv im Bereich wirtschaftlichen Managements zu verorten ist, sondern sich vielmehr mit der Koordination sämtlicher natürlicher Ressourcenströme und den entsprechenden Implikationen für Wirtschaft, Gesellschaft und Ökologie beschäftigt. In dieser Hinsicht liegt ein wichtiger Aspekt des Ko-Managements in der Verteilung der Ressourcen auf die oben benannten Teilsysteme und dem Ziel, entsprechende Entscheidungsprozesse gerecht und effizient zu gestalten. Das Konzept des adaptiven Ko-Managements ist durch einen dynamischen, fortlaufenden und selbstorganisierenden Trial-and-Error-Prozess geprägt, in dem ökologisches Wissen und institutionelle bzw. sozio-ökonomische Konstellationen vor dem Hintergrund des Zieles gerechter Ressourcenverteilung verhandelt werden. Indem multiple Anpassungsprozesse zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Ökologie adressiert werden, zeigt sich die Verwandtschaft des Konzeptes adaptiven Ko-Managements mit der Theorie komplexer Systeme oder dem Leitbild der Industrial Ecology.

Zwar stellen die Autoren fest, dass sich bezogen auf den Ansatz ein gewisser normativer Enthusiasmus entwickelt hat, allerdings identifizieren sie in gleicher Weise einen gesteigerten Evaluationsbedarf, der die Ergebnisse adaptiven Ko-Managements bewertet und fundiert. Sie stellen in diesem Zusammenhang Fragen nach dem konkreten Einfluss auf Umwelt und natürliche Ressourcen, der nachhaltigen Verbesserung natürlicher Existenzgrundlagen, nach Realität und Rhetorik usw. Zur potenziellen Beantwortung dieser Fragen entwerfen sie Rahmenbedingungen für einen evaluatorischen Ansatz, der Nachhaltigkeit als übergeordnetes Ziel adaptiven Ko-Managements definiert und über das Konzept der Resilienz operationalisiert. Resilienz bildet infolge den Kontext, um Veränderungen in vielfältigen Interaktionen zwischen gesamtgesellschaftlichen Teilsystemen zu bewerten. Dafür typisieren die Autoren die Evaluationsbemühungen in drei Komponenten: Evaluation der ökologischen Folgen, Evaluation der ökonomischen Effekte unter Berücksichtigung von Veränderungen der natürlichen Existenzgrundlage und Evaluation des Managementprozesses inkl. des Einflusses von handlungsleitenden Institutionen.

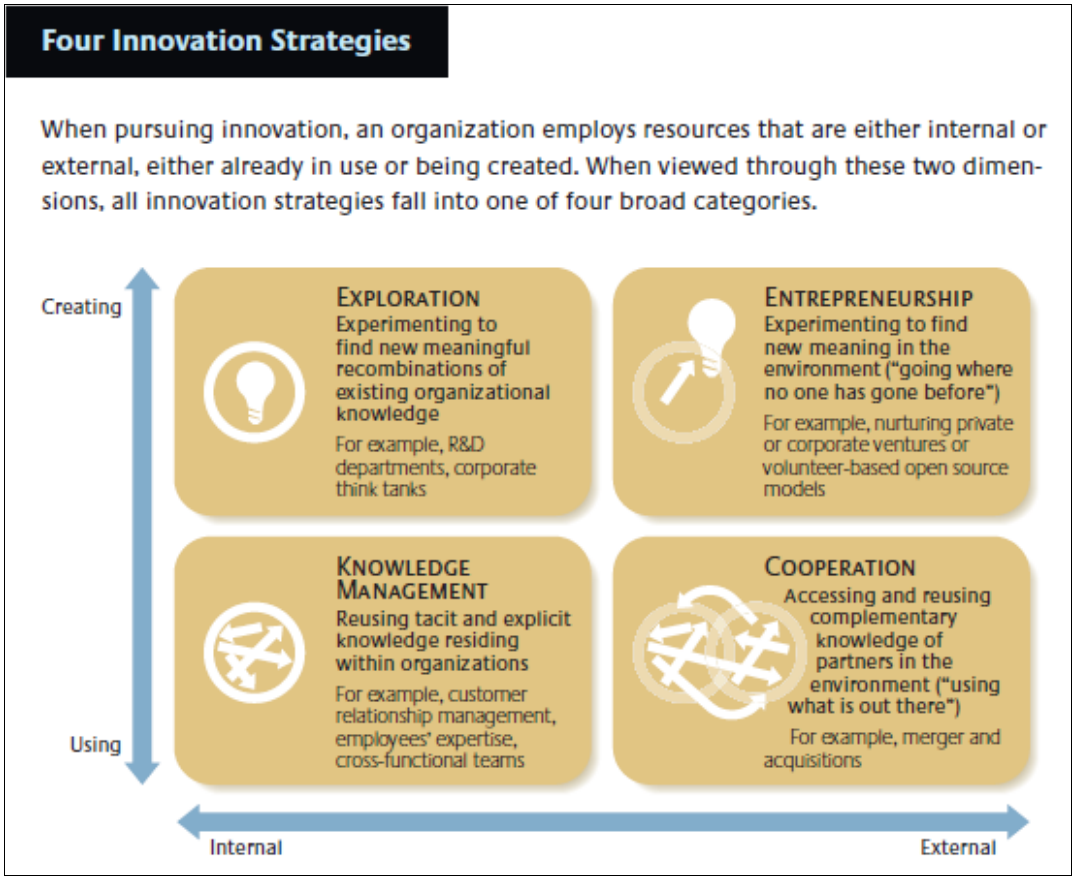
Zusammenfassend unterstreichen die Autoren die Plausibilität ihres Ansatzes wie folgt: “Resilience thinking offers, therefore, a potentially unifying concept when evaluating adaptive co-management in complex systems as it highlights an important feature of ecological and livelihood outcomes, and raises the challenge of goal formation as a key social process.” (66)

Titel: The Link Between Diversity and Resilience	
Autor(en): Nicole van Baardwijk, Patrick Reinmoeller	**Erscheinungsjahr:** 2005
Erscheinungsort: MIT Sloan Management Review Volume 46 (4), S.61-65	**Zahl der Zitationen:** 4

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Der Artikel untersucht die Bedingungen, unter denen die Innovationsstrategien von Unternehmen zu einer resilienten Organisationsstruktur beitragen können. Resilienz wird von den Autoren in diesem Zusammenhang als Fähigkeit von Unternehmen verstanden, sich auf Basis von Innovationen stetig selbst zu erneuern und so an turbulente Umweltbedingungen anzupassen.

Um die Verknüpfung zu Innovationsstrategien herzustellen, entwickelten die Autoren empirische Datenbanken, die Informationen über Innovationsprozesse von 231 niederländischen Firmen im Zeitraum von 1983 bis 2002 umfassen. Auf dieser Datengrundlage typisieren sie vier unterschiedliche Innovationsstrategien, die je nach Ausrichtung entweder interne oder externe Kompetenzen nutzen bzw. auf vorhandenem oder neuem Wissen basieren (Abbildung entsprechend S.63):



Ausgehend von ihrer Analyse kommen die Autoren zu folgenden generalisierbaren Ergebnissen:

- Innovationsbemühungen haben im Kontext von Unternehmensstrategien an Relevanz gewonnen.
- Resiliente Unternehmen nutzen die Möglichkeiten der Wiederverwertung und Re-Kombination von bestehendem Wissen effizient aus, um Innovationen zu generieren.
- In resilienten Unternehmen basieren Innovationsprozesse auf einer simultanen Nutzung von bestehendem und neu-erworbenen Wissen.
- In resilienten Unternehmen besteht eine Balance zwischen internen Forschungsambitio-

nen und externen Kooperationsvorhaben, um die Innovationsfähigkeit zu erhöhen.
- In resilienten Unternehmen bilden Ausgründungen eine weitere Option, um Innovationen zu beschleunigen.

Zusammenfassend kommen die Autoren zu dem Schluss, dass eine resiliente Unternehmensstrategie idealerweise auf einem Gleichgewicht der vier Innovationsstrategien beruhen sollte, um veränderte Umweltbedingungen flexibel kompensieren zu können.

3.4.3.4 Bezug Bionik

Selbst in der Ökosystemtheorie ist noch umstritten, was genau an oder in Ökosystemen „resilient sein“, was genau in turbulenten Umgebungen „erhalten“ werden soll. Oft ist selbst in der Ökosystemtheorie noch von der Erhaltung der „Systemintegrität“ oder „ecosystem health“ die Rede. Wir schlagen vor, einen externen Standpunkt, einen Nutzerstandpunkt, einzunehmen. Damit wird Resilienz als die Fähigkeit eines Systems definiert, seine Systemdienstleistungen auch unter turbulenten Bedingungen aufrecht zu erhalten. Diese Aufrechterhaltung der Systemdienstleistungen kann und wird in manchen Fällen einen völligen Umbau des Systems zur Voraussetzungen (bzw. zur Folge) haben. Resilienz ist damit alles andere als ein „strukturkonservativer“ Ansatz. Vor allem in diesem Sinne eignet sich Resilienz auch als Leitbild zur Gestaltung resilienter(er) Systeme.

Resilienz stellt ein zentrales Erfolgsprinzip der Evolution dar und kann insofern auch für Organisationen und Wirtschaftssysteme als Vorbild dienen. Wenn die Voraussetzungen für die Resilienz natürlicher Systeme immer besser verstanden und aufgeklärt werden können und wenn auf die Bedingungen einer Übertragbarkeit zwischen natürlichen und sozio-ökonomischen Systemen angemessen reflektiert wird, kann Resilienz in der Management- bzw. Wirtschaftbionik einen hohen, wenn nicht gar einen zentralen Stellenwert erlangen.

Die zentrale Zielstellung liegt dabei darin, Strukturen so zu gestalten, dass sie eine möglichst hohe Fehler- und Krisentoleranz und somit ein Maximum an Verlässlichkeit aufweisen. Bei Betrachtung ökonomischer Systeme vergegenwärtigt sich dieser Anspruch in dem Vermögen, Wertschöpfungsprozesse auch entgegen äußerer Störungen aufrechtzuerhalten. Bezogen auf Organisationen geht es in vergleichbarer Weise um die Sicherstellung ihrer Funktionalität (Systemdienstleistungen). Ausgehend von der aktuellen Auseinandersetzung in der Wirtschaftswissenschaft deutet sich an, dass die Konkretisierung der Maßnahmen, die zur Resilienz führen, verstärkt auf die Forschungsagenda rückt, so dass auch hier eine im weiteren Sinn bionische Prägung stattfindet.

3.5 Biologische Konzepte in Wirtschaft/Management

Neben den zuvor dargestellten allgemeinen Gestaltungsleitbildern, die als bionische Idealtypen des Lernens von den Erfolgsprinzipien der Natur zur Klärung wirtschaftswissenschaftlicher Fragestellungen beitragen können, widmet sich die Literaturanalyse im Folgenden weiteren Konzepten, die ihren Ursprung im Bereich der Biologie / Ökologie haben, jedoch auch im Kontext von Ökonomie und Wirtschaft von gewisser Relevanz sind. Die Trennschärfe zu den allgemeinen Gestaltungsleitbildern ergibt sich analytisch aus der niedrigeren Reichweite der Erklärungsansätze biologischer Konzepte. Geht es bei den Leitbildern darum, grundsätzliche Sichtweisen auf wirtschaftliche und organisationale Phänomene zu erklären, bilden die nachfolgend dargestellten Konzepte in ihrer

Anwendung in den Wirtschaftswissenschaften zumeist Aspekte der Konkretisierung und Vergegenwärtigung dieser Erklärungsansätze. Insofern kann die analytische Differenz zwischen Leitbildern und Konzepten in der inhaltlichen Ausgestaltung der theoretischen Ansätze mitunter verschwimmen.

Prinzipiell gibt es eine Vielzahl von biologischen Konzepten, die in Ökonomie und Wirtschaft Anwendung finden.[13] Im Rahmen dieser Literaturanalyse werden aus dem Pool möglicher Konzepte die Begrifflichkeiten des „Ecosystems“, des „Schwarms“ (inkl. Schwarm-Intelligenz, Schwarm-Kreativität etc.) sowie der „Ko-Evolution“ exemplarisch betrachtet, da bezogen auf die Auswertung der Recherche hier besonders interessante Ergebnisse zu erwarten sind.[14] Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über die Häufigkeit, mit der wirtschaftswissenschaftliche Publikationen auf die betrachteten biologischen Motive verweisen. Der Beobachtungszeitrum liegt auch hier zwischen den Jahren 1990 und 2010; des Weiteren sind die Summen nach Business/Management und Economics differenziert, um die BWL- und VWL-Perspektive der Wirtschaftswissenschaften zu differenzieren:

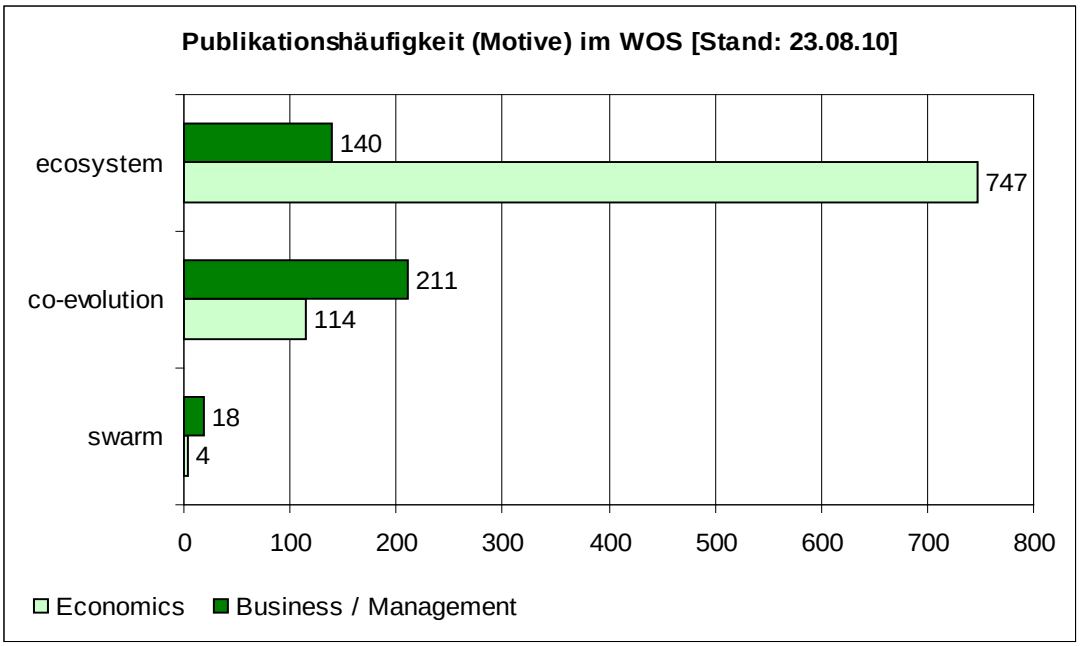


Abbildung 7: Publikationshäufigkeit wirtschaftswissenschaftlicher Fachartikel unter Bezug auf bionische Gestaltungsleitbilder[15]

[13] Die Verbindung der unterschiedlichen Wissenschaftsbereiche durch „Übertragungen“ (Metaphern und/oder Analogien) ist letztlich ein Prozess, der seit Beginn der Herausbildung der unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen aufgezeigt werden kann.

[14] Weitere Konzepte, die hier zunächst unberücksichtigt bleiben, jedoch ebenfalls interessante Einsichten liefern können, wären bspw. evolutorische Mechanismen wie Variation und Selektion sowie Konzepte der Symbiose, Panarchie, Heterarchie, Fitness, neuronalen Netze etc.

[15] Auch bei der Analyse der biologischen Motive wurden im Rahmen der WOS-Recherche verschiedene Schreibweisen der Begrifflichkeiten berücksichtigt. So wurden im Fall „co-evolution“ auch Möglichkeiten wie „co evolution“ oder „co(-)evolutionary“ in Betracht gezogen.

Es ist offensichtlich, dass sich die akkumulierten Häufigkeiten der veröffentlichen Fachartikel zwischen den einzelnen Motiven stark unterscheiden. Insbesondere der volkswirtschaftliche Strang der Artikel mit Bezug auf Ecosystems ragt in dieser Hinsicht heraus, wobei in diesem Fall zu berücksichtigen ist, dass zumeist keine (bionische) Übertragung des Motivs stattfindet, sondern volkswirtschaftliche Analysen und Bewertungsverfahren im Rahmen der entsprechenden Artikel auf ökologische Systeme im eigentlichen Sinn bezogen werden (vgl. auch Kapitel 3.5.1). Bezogen auf die Motive „co-evolution“ und „swarm“ ist der Großteil der Publikationen jeweils durch den Bereich Business/Management geprägt. Konzepte wie Schwarm-Intelligenz, Schwarm-Kreativität etc. scheinen bisher nur vereinzelt wirtschaftlich orientierte Anwendung zu finden. Nichtsdestotrotz liefern die recherchierten Artikel interessante Erkenntnisse in diesem Bereich.

Im Folgenden wird das Vorgehen des vorherigen Kapitels auf die biologischen Motive und ihre Anwendung in Wirtschaft und Ökonomie übertragen.

3.5.1 Ecosystem

3.5.1.1 Begriffsklärung und -Herkunft

Die originäre Konzeption von Ökosystemen („ecosystems“) beschreibt diese als spezifische (lokale) biologische Umwelt, die einerseits den Lebensraum für ein abgrenzbares Set dort lebender Organismen kennzeichnet und anderseits durch die Beschaffenheit bestimmter, nichtlebender Komponenten (Luft, Wasser, Boden etc.) konstituiert wird (vgl. Campbell u. a. 2008). Die Organismen eines Ökosystems stehen dabei in ständigen Austauschprozessen mit den Elementen ihrer lokalen, stofflichen Umwelt: „Any unit that includes all of the organisms (i.e.: the „community“) in a given area interacting with the physical environment so that a flow of energy leads to clearly defined trophic structure, biotic diversity, and material cycles (i.e.: exchange of materials between living and nonliving parts) within the system is an ecosystem." (Odum & Barrett 1971, S.8).

Auf der funktionalen Ebene beinhalten Ökosysteme grundsätzlich Produzenten, die organische Stoffe aus anorganischen Stoffen und Energie (zumeist Sonnenlicht) generieren. Pflanzen sind in dieser Hinsicht paradigmatisch. Außerdem bestehen Ökosysteme aus Konsumenten (Tiere, Menschen), die sich von den bereitgestellten organischen Stoffen ernähren und infolge CO_2 und weniger energiereiche organische Substanz absondern. Eine dritte Kategorie von Akteuren in Ökosystemen zersetzt die in der Regel abgestorbenen Produzenten und Konsumenten sowie deren organische Absonderungen und führt diese wieder in abiotische Stoffe zurück. Beispielhaft für die Gruppe der Destruenten („decomposer“) sind Pilze, Bakterien etc. Die trophischen Beziehungen in Ökosystemen stellen sich wie folgt dar:

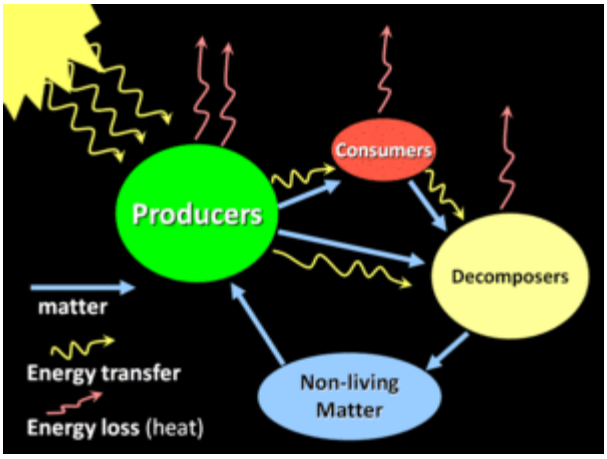


Abbildung 8: Trophische Beziehungen in Ökosystemen
(Quelle: Erle Ellis auf http://www.eoearth.org/article/Ecosystem, letzter Zugriff 29.9.2010)

In der Debatte über das Verhältnis zwischen Ökosphäre und Technosphäre (Natur und Gesellschaft) bilden (Öko-)Systemleistungen („system services“) ein zentrales Thema. Sie können als Bedingungen und Prozesse definiert werden, durch die Ökosysteme und darin eingebettete Organismen das menschliche Leben ermöglichen und aufrechterhalten (Daily 1997, S.3), oder als Nutzen, den Menschen aus Ökosystemen ziehen können (Bennett u. a. 2005, S.125). Beispiele für derartige Leistungen sind die Bereitstellung von Nahrungsmitteln, die Aufbereitung von Wasser und Luft, die Aufrechterhaltung des ökologischen Gleichgewichts etc. Es liegt auf der Hand, dass derartige Systemleistungen für die Menschheit in gleicher Weise eine existenzielle Ressource und ein zu schützendes Gut darstellen. Indem die Kapazitäten für Ökosystemleistungen begrenzt sind, kommt es in der Konsequenz zu Engpässen entsprechender Ressourcen. Diese Problematik wird insbesondere von der Industriellen Ökologie (Industrial Ecology) thematisiert. Derartige Knappheiten bedingen auch die verstärkte ökonomische Bewertung von Ökosystemen und ihrer Leistungsfähigkeit, was einen weiteren Anknüpfungspunkt zwischen den Wirtschaftswissenschaften und Ökosystemen darstellt.

Im Unterschied dazu existieren jedoch auch Ansätze, die versuchen, Unternehmen bzw. Unternehmensnetzwerke usw. als „Ökosysteme“ aufzufassen, um von den Strukturen und Prozessen in Ökosystemen zu lernen. So genannte Unternehmens-Ökosysteme (“business ecosystems”) bilden dabei einen analytischen Rahmen für „[…] an economic community supported by a foundation of interacting organizations and individuals – the organisms of the business world. The economic community produces goods and services of value to customers, who are themselves members of the ecosystem. The member organisms also include suppliers, lead producers, competitors, and other stakeholders.” (J. F Moore 1996, S.26) Im Rahmen dieser Forschungsbemühungen wurde bspw. für den Bereich der IT-Industrie festgestellt, dass die Unternehmen in diesen Feldern stark aufeinander angewiesen sind und sich daher nicht unabhängig voneinander entwickeln. Daher kann es für einzelne Organisationen wichtig sein, andere zu unterstützen. Dieses Motiv ökologischer Kooperation lässt sich bspw. in der Entwicklungsdynamik des Silicon Valley nachvollziehen (vgl. James F Moore 2006).

Ökosystemansätze stehen darüber hinaus in enger Verbindung mit Attributen wie Resilienz, Adaptivität, Selbstorganisation etc., die im Rahmen dieser Studie als bionische Gestaltungsleitbilder für Organisationen und organisationale Felder angesehen werden. In diesem Zusammenhang

bezieht zum Beispiel Levin das Modell komplexer adaptiver Systeme auf Ökosysteme, die in der Konsequenz durch nicht-lineare Entwicklungsdynamiken, historische Abhängigkeit und prinzipiell offene Wandlungsprozesse charakterisiert werden (Levin 1998). Dieser Ansatz verdeutlicht, dass die Analogiefindung zwischen den Wissenschaftsbereichen durchaus wechselseitig erfolgt.

3.5.1.2 Überblick Literatur / WOS Statistik

Die Suche nach wirtschaftswissenschaftlichen Artikeln, die sich thematisch oder analytisch auf Ökosysteme beziehen, erzielte insgesamt 887 Treffer, wobei der Großteil (747) auf den Bereich Economics fällt und 140 dem Bereich Business/Management zuzuordnen sind. Seit 1990 verteilt sich die Häufigkeit der Publikationen und Zitationen wie folgt:

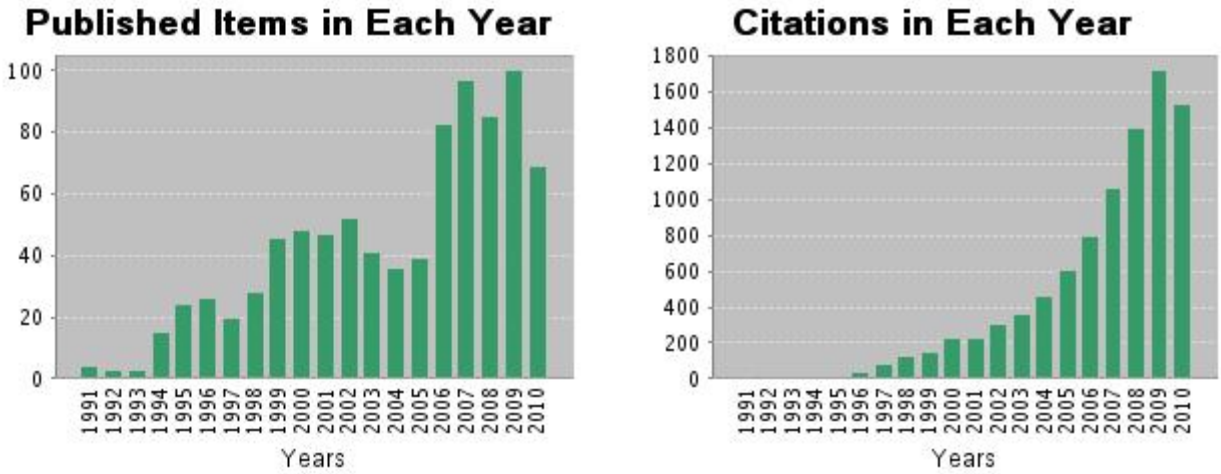


Abbildung 9: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Ecosystem

Die Häufigkeit der veröffentlichten Artikel weist im betrachteten Zeitrahmen verschiedene Gipfel auf (1994–1995, 1999–2003, 2007–?), denen Phasen geringerer Häufigkeit folgen. In der Gesamttendenz nimmt die Häufigkeit der Publikationen allerdings deutlich zu. Ein einheitlicheres Bild ergeben die Zitationszahlen, die durch einen exponentiellen Anstieg gekennzeichnet sind.

Das thematische Spektrum in der wirtschaftswissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Ökosystemkonzepten lässt sich wie folgt beschreiben:

- In Anwendung auf das Feld der Wirtschaft kennzeichnen „business ecosystems“, ähnlich wie Branchen, organisationale Felder oder Populationen, eine Gemeinschaft von Unternehmen, die auf vergleichbare Ressourcen zurückgreifen können und mit ähnlichen Umweltbedingungen konfrontiert sind. Die Konzeption des Systems ist dabei zumeist durch rekursive Strukturation geprägt, so dass sich also die Organisationen auf der einen sowie „das System“ auf der anderen Seite in einem wechselseitigen Anpassungsprozess befinden.
  - Im Gegensatz dazu kann das Konzept des Ökosystems in einem organisationalen Kontext jedoch auch als Sinnbild für die Vielfältigkeit und/oder Unbeständigkeit externer Bedingungen fungieren.
- Ein weiterer Aspekt der Bezugnahme auf Ökosysteme ergibt sich aus der Thematisierung der lokalen Einbettung von Organisationen. In dieser Hinsicht gelten Unternehmen als Konsumen-

ten eines Ökosystems, was dazu führt, dass der Fokus auf ökozentrischen Managementprozessen liegt, die das Ziel haben die Belastung des Ökosystems durch ein Unternehmen auf ein Minimum reduzieren.

– Ökosysteme sind mitunter auch in ihrer ursprünglichen Bedeutung Gegenstand wirtschaftswissenschaftlicher Auseinandersetzung. Dabei geht es in der Regel um die Quantifizierung der ökonomischen Bedeutung von Ökosystemleistungen (siehe oben).

Zusammenfassend ergibt die Analyse der zu Ökosystemen recherchierten Artikel folgendes Bild:

– Das Konzept „Ökosystem“ bildet – ähnlich wie der Systembegriff überhaupt – eine Alternative, um Gruppen bestimmter Organisationen in einen analytischen Rahmen zu integrieren. Der Vorteil dieser Sichtweise besteht darin, die internen und externen Komponenten des jeweiligen Systems als interdependentes Gebilde zu fassen und vielfältige Beziehungen, Zusammenhänge und Verbindlichkeiten zu identifizieren.
– Der Ökosystemansatz bildet darüber hinaus eine Möglichkeit, ökologische und ökonomische Sichtweisen miteinander zu verknüpfen und Optionen gegenseitiger Einflussnahme zu analysieren.
– Die Konzeption ökonomischer Settings als Ökosysteme öffnet darüber hinaus die Tür, in theoretischer Konsistenz biologische Gestaltungsprinzipien wie Resilienz, Adaptivität oder Selbstorganisation zu diskutieren.

3.5.1.3 Relevante Artikel

Titel: Ecocentric Management for a Risk Society	
Autor(en): Paul Shrivastava	**Erscheinungsjahr:** 1995
Erscheinungsort: The Academy of Management Review, Vol. 20, No. 1, S.118–137	**Zahl der Zitationen:** 94
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Den Ausgangspunkt des Artikels bildet die Zeitdiagnose einer postindustriellen Moderne, die im Gegensatz zur industriellen Ära nicht primär durch die Erzeugung und Verteilung von Wohlstand auf Basis technischen Fortschritts, sondern durch die Zunahme daraus resultierender Risiken geprägt ist. Postindustrielle Systeme sind ferner durch folgende wirtschaftliche, soziale und politische Attribute gekennzeichnet: - ein Großteil der Wirtschaft basiert auf Dienstleistungen und High-Tech-Produktion - steigende Globalisierung der Märkte, Finanzen, Politik, Produktion etc. - Spannungsfeld zwischen Wirtschaftswachstum und ökologischen Rahmenbedingungen - Tendenzen der Demokratisierung von Märkten Charakteristisch für postindustrielle Gesellschaften ist außerdem eine zunehmende Auseinandersetzung mit (insb. technologie- und umweltbezogenen) Risiken, die sich als Resultat der industriellen Moderne durch Bevölkerungswachstum, Umweltbelastung und -entwertung sowie mangelnde Regulation ausgeweitet haben. Die Allgegenwärtigkeit der Risiken führt dazu, dass sie auch im Managementkontext von steigender Relevanz sind. Shrivastava behauptet diesbezüglich, dass technologische und umweltbezogene Risiken die Kernprobleme des Managements in postindustriellen (Risiko-)Gesellschaften sind. Um diesen Problemen gerecht zu werden, reichen Anpassungen bestehender Managementpraktiken nicht aus, weswegen er in dem Artikel das Konzept für ein ökozentrisches Management-Paradigma entwirft. Grundlage eines solchen Paradigmas ist, Risiken nicht als Externalitäten zu begreifen, sondern sie in unmittelbare Managementprozesse zu integrieren. Unterschiede zwischen traditionellem und ökozentrischen Management stellen sich wie folgt dar	

(131):

Traditional Versus Ecocentric Management

Traditional Management	Ecocentric Management
Goals:	
Economic growth & profits	Sustainability and quality of life
Shareholder wealth	Stakeholder welfare
Values:	
Anthropocentric	Biocentric or Ecocentric
Rationality and packaged knowledge	Intuition and understanding
Patriarchal values	Postpatriarchal feminist values
Products:	
Designed for function, style, & price	Designed for the environment
Wasteful packaging	Environment friendly
Production System:	
Energy & resource intensive	Low energy & resource use
Technical efficiency	Environmental efficiency
Organization:	
Hierarchical structure	Nonhierarchical structure
Top-down decision making	Participative decision making
Centralized authority	Decentralized authority
High-income differentials	Low-income differentials
Environment:	
Domination over nature	Harmony with nature
Environment managed as a resource	Resources regarded as strictly finite
Pollution and waste are externalities	Pollution/waste elimination and management
Business Functions:	
Marketing aims at increasing consumption	Marketing for consumer education
Finance aims at short-term profit maximization	Finance aims at long-term sustainable growth
Accounting focuses on conventional costs	Accounting focuses on environmental costs
Human resource management aims at increasing labor productivity	Human resource management aims to make work meaningful & the workplace safe/healthy

Bezogen auf die Beziehungen von Organisationen im Kontext ökozentrischen Managements und ihrer jeweiligen Umwelt ergänzt der Autor das Konzept industrieller Ökosysteme („industrial ecosystems“). Hierbei geht es anders als in einem natürlichen Ökosystem nicht um ein Netzwerk zwischen prinzipiell eigenständigen Organismen mit ihrer Umwelt sowie entsprechenden Prozessen wechselseitiger und genügsamer Ressourcenverteilung, sondern um Netzwerke von Organisationen, die gemeinsam der Verschlechterung ökologischer Bedingungen vorbeugen, indem natürliche Ressourcen geteilt verwendet und Produktionsabfälle bzw. Beiprodukte zweitgenutzt werden. Das Konzept industrieller Ökosysteme impliziert dabei die Annahme, dass sich Umweltbelastungen und ökologischer Raubbau durch effizientere, weil kooperative Ressourcenverwendung vermindern lassen.

Titel: Predators and Prey: A New Ecology of Competition	
Autor(en): James F. Moore	**Erscheinungsjahr:** 1993
Erscheinungsort: Harvard Business Review, Vol. 71, No. 3, S. 75–86	**Zahl der Zitationen:** 56

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Moore bezieht sich in seinem Artikel auf den Kontext, in den erfolgreiche, sich schnell und effektiv entwickelnde Unternehmen eingebettet sind. Ein solches Netzwerk ist multirelational, indem es neben Kapitalströmen auch Partner, Wettbewerber, Zulieferer und Kunden mit einschließt. Dabei geht es zunächst verstärkt um Kooperation statt Konkurrenz, da schwerpunktmäßig die Genese neuartiger Business Communities und die Herausbildung entsprechender „leaderships“ durch Unternehmen thematisiert wird. Als systematischen Ansatz zur Analyse solcher Entwick-

lungsprozesse und zur Ableitung strategischer Managementprinzipien entwirft der Autor das Konzept der „business ecosystems“: „I suggest that a company.be viewed not as a member of a single industry but as part of a *business ecosystem* that crosses a variety of industries. In a business ecosystem, companies coevolve capabilities around a new innovation: they work cooperatively and competitively to support new products, satisfy customer needs, and eventually incorporate the next round of innovations.”(76)

Die Rolle der Führerschaft in solchen Unternehmens-Ökosystemen ist dabei von besonderer Relevanz. Zwar kann diese im Entwicklungsverlauf wechseln, allerdings ist sie in jedem Fall für die restlichen Mitglieder des Ökosystems von großer Bedeutung hinsichtlich der Zukunftssicherheit gemeinsamer Investitionen. Moore verdeutlicht dies am Beispiel des Unternehmens Apple, das die Führerschaft in einem Netzwerk aus unzähligen Zulieferern und Abnehmern in computer- sowie IuK-basierten Bereichen umspannt. Konkurrenz findet daher in der Regel also nicht primär innerhalb, sondern zwischen verschiedenen Ökosystemen statt.

Die Herausbildung und Entwicklung von Ökosystemen in der Wirtschaft verdeutlicht Moore anhand vier idealisierter Stufen: Geburt („birth“), Ausweitung („expansion“), Führerschaft („leadership“) und Selbst-Erneuerung („self-renewal“, bzw. „death“, wenn die Selbst-Erneuerung scheitert). Die beschriebenen Stufen sind durch folgende Herausforderungen gekennzeichnet:

The Evolutionary Stages of a Business Ecosystem

	Cooperative Challenges	Competitive Challenges
Birth	Work with customers and suppliers to define the new value proposition around a seed innovation.	Protect your ideas from others who might be working toward defining similar offers. Tie up critical lead customers, key suppliers, and important channels.
Expansion	Bring the new offer to a large market by working with suppliers and partners to scale up supply and to achieve maximum market coverage.	Defeat alternative implementations of similar ideas. Ensure that your approach is the market standard in its class through dominating key market segments.
Leadership	Provide a compelling vision for the future that encourages suppliers and customers to work together to continue improving the complete offer.	Maintain strong bargaining power in relation to other players in the ecosystem, including key customers and valued suppliers.
Self-Renewal	Work with innovators to bring new ideas to the existing ecosystem.	Maintain high barriers to entry to prevent innovators from building alternative ecosystems. Maintain high customer switching costs in order to buy time to incorporate new ideas into your own products and services.

Die beschriebene Sichtweise stellt in der Konzeption von Marktentwicklung, Wettbewerb etc. in mancher Hinsicht einen Unterschied zu traditionellen Managementansätzen dar, indem insbesondere die Bedeutung von Kooperation im unternehmerischen Kontext unterstrichen wird. Diese Perspektive der Ko-Evolution in Unternehmens-Ökosystemen identifiziert neue Herausforderungen und unterstellt mögliche Management-Ansätze, diesen strategisch zu begegnen.

Titel: Strategy as Ecology	
Autor(en): Marco Iansiti, Roy Levien	**Erscheinungsjahr:** 2004
Erscheinungsort: Harvard Business Review, Vol. 82, No. 3, S. 68–78	**Zahl der Zitationen:** 20

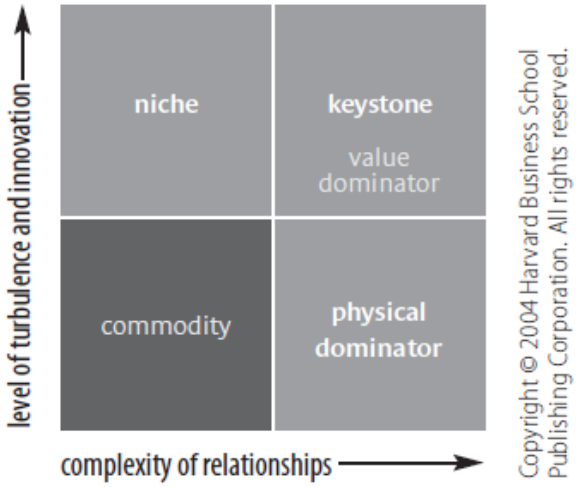
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Die Autoren beziehen das Konzept von Ökosystemen in der Wirtschaft konkret auf Prozesse der Strategiebildung in Unternehmen. In diesem Sinne lautet der zentrale Slogan des Artikels wie folgt: “Stand-alone strategies don’t work when your company’s success depends on the collective

health of organizations that influence the creation and delivery of your product. Knowing what to do requires understanding the ecosystem and your organization's role in it." (68)

Das Ökosystem, wie es in diesem Kontext verstanden wird, setzt sich aus einem losen Netzwerk von Zulieferern, Vertrieben, Outsourcing-Firmen, Herstellern ähnlicher Produkte, Technologieentwicklern u. a. Organisationen zusammen, die aus Sicht eines fokalen Unternehmens mit der eigenen Wertschöpfung assoziiert sind. Dabei ergeben sich zwischen den Organisationen eines Ökosystems insofern Beziehungen wechselseitiger Abhängigkeit, als das Schicksal einer Organisation unabhängig von ihrer eigenen Stärke vom Schicksal des Netzwerkes beeinflusst ist. Daher sollten sich auch die Interessen marktführender Unternehmen (im Text werden die Beispiele Wal-Mart und Microsoft genannt) an denen des Ökosystems orientieren, um die Gesamtvitalität des Gebildes zu gewährleisten: „For an ecosystem to function effectively, each domain in it that is critical to the delivery of a product or service should be healthy; weakness in any domain can undermine the performance of the whole."(69)

Vor diesem Hintergrund entwerfen die Autoren drei Konzepte für unternehmerische Ökosystem-Strategien, aus denen Unternehmen prinzipiell wählen können, wobei natürlich die jeweilige Konstitution der betrachteten Organisation (Größe, Kompetenz etc.) die Auswahlmöglichkeiten begrenzen. Hinsichtlich der Strategien unterscheiden die Autoren dabei die Nutzung des Vorteils, der sich aus der frühen Positionierung in Ökosystemen ableitet („keystone advantage"), die Strategie der Marktführerschaft („physical dominator") und Nischenstrategien („leveraging a niche"). Diese lassen sich in einem Raster aus der Komplexität der Beziehungen und dem Innovationslevel wie folgt anordnen:



Sowohl im dynamischen Entwicklungsprozess einzelner Ökosysteme als auch bezogen auf das Verhältnis zwischen verschiedenen Systemen sind die Rollen einzelner Organisationen nicht statisch, sondern prinzipiell variabel. So könnte bspw. ein keystone Akteur eines Ökosystems in einem weiteren als Dominator agieren oder Nischenakteure zum Keystone evolvierender bzw. neugegründeter Ökosysteme werden.

Bezogen auf die Handlungsmöglichkeiten von Managern unterstellen die Autoren weitreichende Implikationen, die jedoch nicht pauschalisierbar sind und von den jeweiligen Ökosystem-Strategien abhängen. Grundsätzlich ist der Managementfokus jedoch von einer organisationszentrierten Perspektive auf die Querverbindungen und Interdependenzen in Ökosystemen auszuweiten.

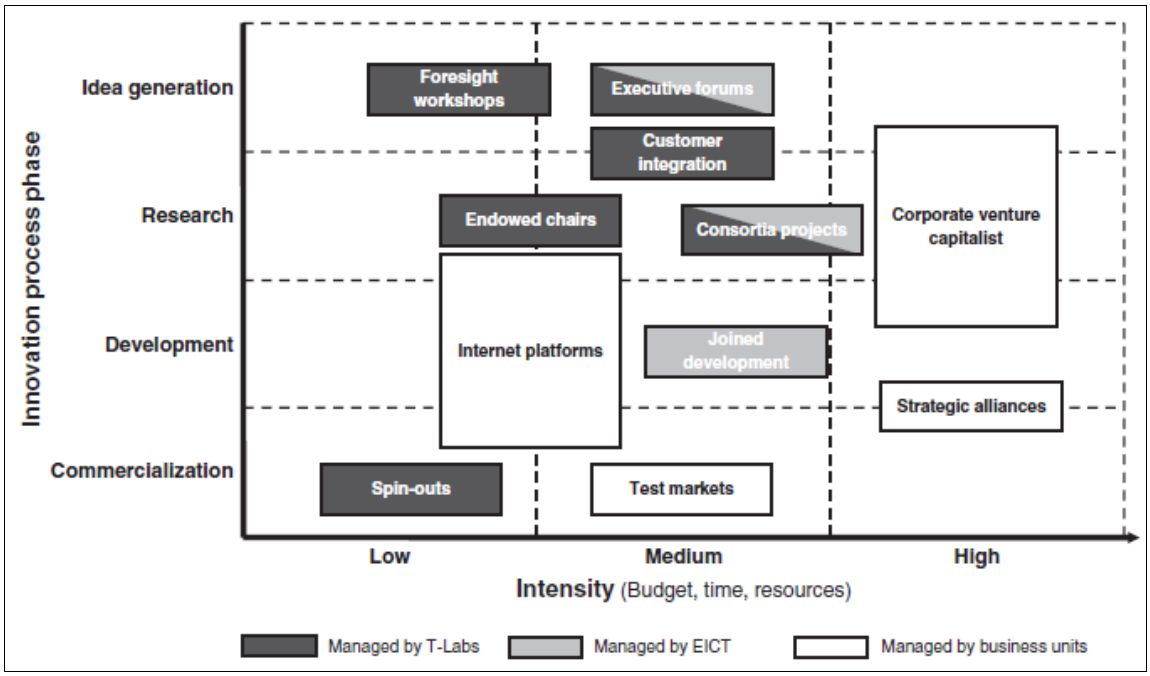
Titel: Opening up for competitive advantage - How Deutsche Telekom creates an open innovation ecosystem	
Autor(en): René Rohrbeck, Katharina Hölzle, Hans Georg Gemunden	**Erscheinungsjahr:** 2009
Erscheinungsort: R & D MANAGEMENT, Volume: 39, Issue: 4, S. 420–430	**Zahl der Zitationen:** 2

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

In der Vergangenheit zeichneten sich große Organisationen dadurch aus, federführend im Bereich unternehmerischer Innovationsbemühungen im Bereich Forschung und Entwicklung zu sein. Die Gründe hierfür lagen in den großen finanziellen und personellen Ressourcen, die es ihnen anders als bspw. KMU ermöglichten, große FuE-Vorhaben umzusetzen und die Ergebnisse angemessen zu verwerten. Dieses Monopol wurde in der jüngeren Vergangenheit dadurch aufgebrochen, dass kleine Unternehmen nun die von ihnen bspw. über Venture Kapital entwickelten Innovationen direkt unter Nutzung des Internets vertreiben können und darüber hinaus kompetentes FuE-Personal verstärkt die Anstellung in bzw. Beteiligung an kleineren Unternehmen vorzieht, da diese bessere Entwicklungs- und Verwirklichungschancen bieten. Diese Tendenzen werden für etablierte Unternehmen umso brisanter, da sie verstärkt turbulenten und dynamischen Umwelten ausgesetzt sind und sich in dieser Hinsicht eine gesteigerte Notwendigkeit von Innovationsfähigkeit auch in neuen und weniger etablierten Wirtschaftsbereichen ergibt.

Am Beispiel des Großunternehmens Deutsche Telekom, das in dem etablierten, allerdings in starkem Wandel befindlichen, Feld der Telekommunikation agiert, entwerfen die Autoren das Konzept des „open innovation ecosystems“ (OIE), das einen Ansatz für die Steigerung der Innovationsfähigkeit großer Organisationen insbesondere auch in neuartigen Bereichen darstellt. In Anlehnung an das von Moore konzipierte business ecosystem sind OIE dadurch gekennzeichnet, den unternehmensinternen Innovationsprozess für äußere Ressourcen und Kompetenzen zu öffnen, um die Innovationsfähigkeit der betreffenden Organisation zu erhöhen. Indem verschiedene Organisationen kooperativ und wettbewerbsorientiert handeln, entwickeln sich im OIE Fähigkeiten, die für innovative Forschung und Entwicklung notwendig sind. Die Autoren sprechen in diesem Zusammenhang von ko-evolutionären Prozessen.

Ausgehend von Experteninterviews im Unternehmen werden insgesamt elf Instrumente identifiziert, die für das OIE der Telekom charakteristisch sind. Diese lassen sich anhand der Phasen des Innovationsprozesses differenzieren und konstituieren das OIE der Telekom wie folgt (425):



Die Art der Schraffierung kennzeichnet in der Grafik die koordinierenden Unternehmenseinheiten (detaillierte Beschreibung S. 424f.). Eine weitere Möglichkeit der Differenzierung bilden drei grundlegende Kooperationsmuster („outside-in process“, „inside-out process“, „coupled process“), die Ressourcen und Wissensströme der Instrumente gerichteten Beziehungen zuordnen und die Akteursgruppen der FuE-Prozesse im konkreten Beispiel der Fallstudie näher spezifizieren (S.425ff.).

3.5.1.4 Bezug Bionik

Einige Aspekte, die unter dem Titel „Ökosysteme“ in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur diskutiert werden beziehen sich allgemein auf einen „systemischen“ Zugang. Aber es finden sich auch einige Besonderheiten. Ecosystems bzw. Ökosysteme kennzeichnen im ursprünglichen Sinn eine natürliche, lokal begrenzte Umwelt, die durch Konstellationen aus belebter und unbelebter Natur Lebensräume für eine Vielzahl von Organismen darstellen. Die bionische Übertragung dieses Konzepts auf Wirtschaftssysteme, die in vergleichbarer Weise den „Lebensraum“ für ein breites Spektrum ökonomischer Akteure und Prozesse (Unternehmen, Konsumenten, Wertschöpfung etc.) bilden, erweitert Versuche der analytischen Rahmung von Wirtschaftszusammenhängen (Branchen, organisationale Felder, Industrien usw.) um ein biologisch inspiriertes Modell. Für die Erforschung entsprechender Themenzusammenhänge ergeben sich daraus folgende Implikationen:

- Business Ecosystems bilden einen Ansatz für die Beschreibung von Akteursbeziehungen in Wirtschaftszusammenhängen, der die Kooperation und auf einander Angewiesenheit von unterschiedlichen Unternehmen betont und einen wesentlichen Aspekt des Wettbewerbs auf den Märkten darstellen kann. Damit vermitteln sie eine Perspektive, die sich von etablierten Mustern neoklassischer Konzepte abgrenzt: Es geht vor allem um die Thematisierung der wechselseitigen Abhängigkeiten von Entitäten in Systemen, die die Vitalität kooperativer Gemeinschaften (bspw. „business communities“) im Wettbewerb positiv wie negativ beeinflussen.
- Ökosysteme integrieren prinzipiell ein breites Spektrum unterschiedlicher Aspekte in einen gemeinsamen Funktionszusammenhang. Mit Blick auf ökonomische Fragestellungen legt dies den Einbezug weiterer Systemdimensionen nahe. So sollten Forschungsambitionen neben originär wirtschaftbezogenen Kontexten auch jene der Technologie, Politik, Gesellschaft und Ökologie berücksichtigen. Indem so vielfältige Aspekte in die systemische Betrachtungsweise einfließen, erweitert sich auch der Raum zu analysierender Prozesse, Kausalitäten oder sonstiger Effekte. Bspw. kann die Ergänzung der Analyse ökonomischer Wertschöpfungsketten um die Perspektive der sozio-ökologischen Einbettung zu wichtigen Erkenntnissen hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit führen.
- Die Konzeption von Ökosystemen steht in biologischer wie wirtschaftsbezogener Hinsicht in einem engen Zusammenhang mit der Aufgabe der Einbettung der wirtschaftlichen Stoff- und Energieströme in die natürlichen (Industrial Ecology) und mit dem Gestaltungsleitbild resilienten Systeme. Hier ergeben sich also thematische Verdichtungen, die bionische Ansätze in den Wirtschaftswissenschaften zusätzlich verstärken können.

Neben diesen eher auf Systemebene anwendbaren Ansätzen von Ökosystemen in der Wirtschaft zeigt bspw. die Diskussion um Open Innovation Ecosystems, dass auch managementorientierte Thematiken durch diese Orientierung bereichert werden können.

3.5.2 Schwarm(-intelligenz)

3.5.2.1 Begriffsklärung und -Herkunft

Das Phänomen der Schwarmintelligenz beruht in der Natur auf dem Prinzip, dass einzelne Lebewesen mit Hilfe von relativ einfachen Interaktionen (Programmen) in Gruppen gemeinsam vergleichsweise komplexe und „intelligente“ Handlungen zu vollziehen in der Lage sind (Kramer 2009,

S.41). Schwarmintelligenz basiert dabei auf Prozessen der Selbstorganisation und einfacher Kommunikations- und Verhaltensweisen, die zu einer kollektiven „Intelligenz“ emergieren und flexible, fehlertolerante und effiziente Verhaltensmuster ermöglichen (Garnier u. a. 2007b, S.4). Biologische Beispiele bilden in dieser Hinsicht Fisch- oder Vogelschwärme sowie diverse Insektenkolonien und die von ihnen umgesetzten Lösungen für den arbeitsteiligen Bau komplexer Behausungen, die Organisation und Distribution von Nahrungsmitteln oder kollektive Navigationsprozesse.

Als Paradebeispiel für Schwarmintelligenz dienen Ameisen und die Muster ihrer Futtersuche (vgl. bspw. Albritton & Patrick R. McMullen 2007, S.503f.). Auf individueller Ebene befolgen Ameisen bei der Suche nach Futter lediglich ein kleines Set an Regeln, das sie einerseits dazu veranlasst, solchen Wegen zu folgen, die durch das höchste Pheromonlevel gekennzeichnet sind, andererseits dazu führen, selbst auf jedem zurückgelegten Weg Pheromonspuren zu hinterlassen. Pheromone (Botenstoffe) bilden in dieser Hinsicht das zentrale Kommunikationsmittel der Ameisen, das zugleich deren Verhalten entscheidend beeinflusst. Indem jede Ameise diese einfachen Regeln befolgt, emergiert auf Schwarmebene ein intelligentes Modell der Entscheidungsfindung, dessen Verlauf und Ergebnis sich wie folgt darstellen lässt:

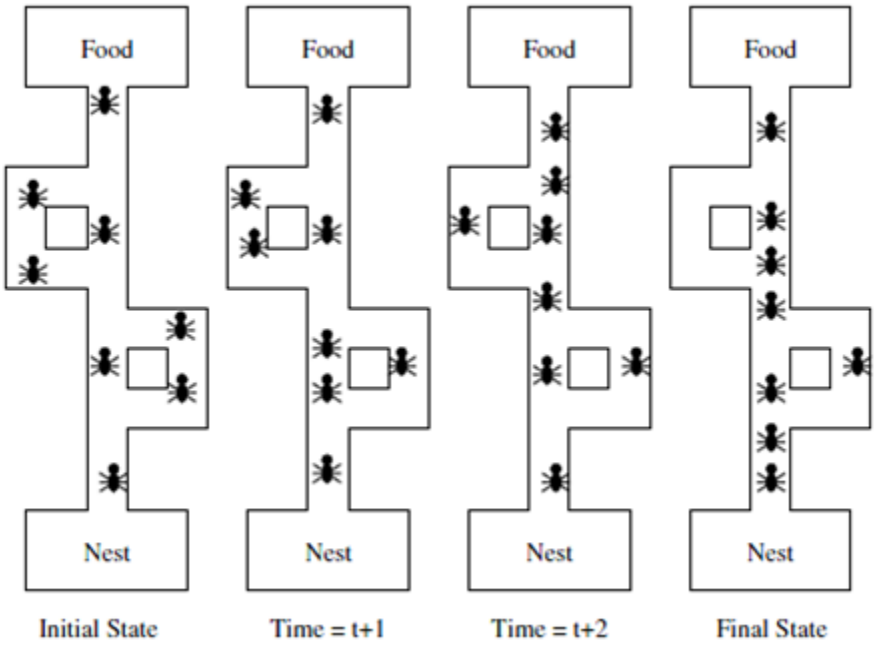


Abbildung 10: Dynamik schwarm-intelligenter Futtersuche
(Quelle: Albritton & Patrick R. McMullen 2007, S.504)

Schwarmintelligenz basiert auf zwei grundlegenden Prinzipien: Stigmergie und Emergenz (Kramer 2009, S.42). Stigmergie bezeichnet die Entstehung von Kommunikation zwischen den Individuen eines Schwarms über ihre gemeinsame Umwelt (Bsp.: Informationsaustausch zwischen Ameisen über Pheromonspuren auf Nahrungspfaden). Emergenz beschreibt das Prinzip des Zusammenspiels individuell begrenzter Fähigkeiten, das insgesamt kollektiv intelligentes Verhalten ermöglicht (Bsp.: Bewegungsverhalten von Fischschwärmen bei der Flucht vor Raubfischen).

Das Motiv, einfache Agenten mit begrenzten Verhaltensregeln und lokalem Informationszusammenhang in differenzierte Interaktionsnetzwerke zu integrieren, um eine große Bandbreite externer Problemstellungen flexibel und robust zu lösen, fand seit den späten 80er Jahren insbesondere im

Kontext der Robotik Anwendung (Beni & Wang 1989). Die Reichweite vergleichbarer Anwendungen betrifft aktuell diverse informations- und kommunikationsbasierte Anwendungen wie Ameisenalgorithmen bspw. zur Simulation der kürzesten Transportwege im Logistikbereich, oder die Generierung von Wissen über dynamisch wachsende Internetinhalte wie Wikipedia. Welche Ansätze der Schwarmintelligenz im Bereich der Wirtschaftswissenschaften diskutiert werden, beschreiben die folgenden Ergebnisse.

3.5.2.2 Überblick Literatur / WOS Statistik

Die Recherche nach dem Begriff „swarm intelligence“ führte im Bereich der Wirtschaftswissenschaften lediglich zu vier Treffern für business- und managementorientierte Publikationen. Umfasste die Suche lediglich den Begriff „swarm“, führte die Recherche immerhin zu 22 Treffern, wobei der Bereich Business/Management mit 19 gefundenen Artikeln deutlich überrepräsentiert ist. Die Häufigkeitsverteilung für die angepasste Suche („swarm“) stellt sich wie folgt dar:

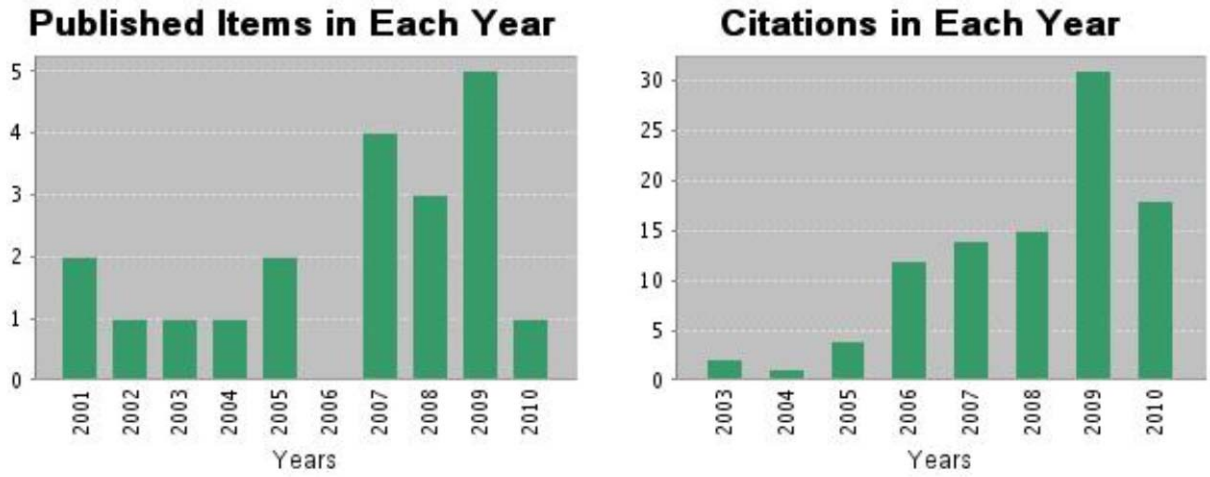


Abbildung 11: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Schwarmintelligenz

Es wird deutlich, dass in diesem Zusammenhang relevante Artikel überhaupt erst seit 2001 veröffentlicht wurden und das Schwarm-Motiv in den Wirtschaftswissenschaften demnach ein neuartiges, noch weitgehend unbearbeitetes Themenfeld kennzeichnet. Ausgehend von den geringen Fallzahlen der publizierten bzw. zitierten Artikel lassen sich keine weiteren Aussagen über Tendenzen und die Bedeutungsentwicklung treffen.

Indem die Suche von der ursprünglichen Begrifflichkeit der Schwarmintelligenz auf Schwarm-ansich ausgedehnt wurde, implizieren die gefundenen Artikel im Überblick ein inhaltliches Spektrum, das sich wie folgt zusammenfassen lässt:

– Grundsätzlich sind Artikel zu unterscheiden, die Prinzipien von Schwärmen und Schwarmintelligenz entweder in Form computergestützter Algorithmen zu Simulationszwecken verwenden oder das Konzept aufgreifen, um es in analoger Form auf Koordinations- und Entwicklungsbemühungen in der Wirtschaft zu beziehen. Betrifft die erstgenannte Kategorie vor allem Bereiche der eher naturwissenschaftlich-/informatik-orientierten Prozesswissenschaften („operation research“), verfolgen die Artikel der zweiten Kategorie einen breiteren Ansatz und adressieren übergeordnete Fragestellungen des Verhaltens von Organisationen und Netzwerken an sich.

– Werden Ansätze der Schwarmintelligenz in Algorithmen umgesetzt (bspw. „ant colony optimization“ oder „particle swarm optimization“), bieten sie sich für vielfältige Anwendungsfelder an. So können zum Beispiel Prozesse in Wertschöpfungsketten, Nutzerverhalten oder die Zeit- und Ressourcenplanung in Unternehmen Gegenstand der Simulation sein.
– Die Übertragung der Konzepte von Schwarmintelligenz und Schwärmen auf grundsätzliche Organisationsbereiche verspricht Erfolg bspw. in Fragestellungen mit Blick auf Kreativität und Innovationsfähigkeit von Unternehmen, die Einbettung von Organisation in übergeordnete Schwarmstrukturen oder den prinzipiellen Nutzen derartiger Beziehungs-/Interaktionsstrukturen in bzw. zwischen Organisationen.

Auf Grund des begrenzten Umfangs der recherchierten Artikel lassen sich nur schwer inhaltliche Tendenzen der wirtschaftswissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Schwärmen ableiten. Zusammenfassend zeigt sich jedoch, dass zum einen die Methodologie computerbasierter Simulationen durch die biologischen Phänomene der Schwarmintelligenz befruchtet wurde und zum anderen der Fokus auf die Interaktionsbeziehung innerhalb und zwischen Organisationen hinsichtlich der Emergenz übergeordneter Muster durch die Debatte eine interessante Ergänzung erfahren hat.

3.5.2.3 Relevante Artikel

Titel: Swarm intelligence - A whole new way to think about business	
Autor(en): Eric Bonabeau, Christopher Meyer	**Erscheinungsjahr:** 2001
Erscheinungsort: Harvard Business Review, Vol. 79, No. 5, S. 106–114	**Zahl der Zitationen:** 27
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: Die Autoren befassen sich in dem Artikel mit den breitgefächerten Anwendungsmöglichkeiten von Schwarmintelligenz-Ansätzen im Kontext marktwirtschaftlicher Problemstellungen. Das biologische Vorbild der Schwarmintelligenz wird dabei als emergentes kollektives Verhalten von „sozialen“ Insekten wie Ameisen, Termiten, Bienen etc. beschrieben. Als Charakteristika, die zum evolutionären Erfolg solcher Konzepte beigetragen haben, identifizieren die Autoren erstens Flexibilität (Adaption an sich verändernde Umweltbedingungen), zweitens Robustheit (Aufrechterhaltung der Funktionalität trotz des Ausfalls einzelner Einheiten) und drittens Selbstorganisation (Handlungen sind weder zentral gesteuert noch zentral kontrolliert). Der Artikel beschreibt in der Folge eine Reihe konkreter Beispiele aus der Wirtschaft, in denen insbesondere Computeralgorithmen, die sich an der Nahrungssuche von Ameisen orientieren (Pheromonspuren zur Markierung kürzester Wege etc.), spezifische und teils existenzielle Probleme von Unternehmen erfolgreich gelöst haben. Exemplarisch seien hier die Anwendungen in der Logistik (am Beispiel der Frachtverteilung von Southwest Airlines), die Koordination von Arbeitskräften, Zeitplänen und Materialflüssen in Produktionsabläufen (Bsp. u. a. Unilever) oder die Umleitung von Telefonanrufen (Hewlett-Packard für France Télecom, British Telecom u. a.) genannt. Neben diesen algorithmischen Optimierungstools finden Ansätze der Schwarmintelligenz auch in der Gestaltung von individuellen Arbeitsweisen in Unternehmen Anwendung. Dabei unterstreichen die Autoren die Erkenntnis, dass Schwarmintelligenz als komplexes kollektives Verhalten aus der Interaktion individuell simpler Regelbefolgung resultiert. Obwohl dieser Ansatz zunächst als Plädoyer für eine quasi-tayloristische Arbeitsteilung interpretiert werden kann, fokussieren die Autoren auf das genaue Gegenteil, indem sie fragen: „Can managers develop similar rules to shape the behavior of their organizations and replace rigid comand-and-control structures?“(111) Dies ist insofern plausibel, als dass sie die Selbstverantwortlichkeit individueller Akteure und dezentrale, flexible Koordination der Organisationseinheiten in den Fokus rücken, was jedoch voraussetzungsvolle Bedingungen an die Struktur des jeweiligen Unternehmens stellt. Der vorweggenommenen Kritik, dass sich an Schwarmintelligenz orientierte Modelle zwar auf	

das Verhalten sozialer Insekten anwenden lassen, jedoch für die Handlungen von Mitgliedern einer betriebswirtschaftlichen Organisation nur bedingt nützlich sind, begegnen sie mit dem abschließenden Argument, dass: „in certain environments (a factory, for instance), humans are constrained in similar ways – although perhaps to a different degree – as insects in a colony. And the parallels between social insects and people are more than just conceptual: they can have practical and useful significance, as recent research has shown." (114)

Titel: The new principles of a swarm business	
Autor(en): Peter A. Gloor, Scott M. Cooper	**Erscheinungsjahr:** 2007
Erscheinungsort: MIT Sloan Management Review, Volume:48, No: 3, S. 81–84	**Zahl der Zitationen:** 4

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Die Autoren skizzieren in ihrem Artikel die Prinzipien eines neuen Unternehmertums, das auf den Motiven biologischer Schwärme basiert. Dabei beschreiben sie eine Abkehr von Strategien purer Gewinnmaximierung und setzen den Nutzen kollektiver, nicht ausschließlich monetär motivierter Interaktionsbeziehungen ins Zentrum ihrer Betrachtung.

Als natürliches Vorbild dienen ihnen dabei Bienenschwärme, die selbstorganisiert, ohne zentrale Anweisungen und zum Wohle des Schwarms Nester bauen, Nachwuchs aufziehen, Nahrung suchen und sogar die Nachfolge ihrer Königin koordinieren. Das kollektive Verhalten von Bienen übertragen die Autoren auf Innovationsprozesse, die ihrer Ansicht nach häufig einer individuellen Idee entspringen und in der Folge einen „Schwarm" von Menschen motivieren, sich an Umsetzung und Ausbau dieser Idee zu beteiligen. Diese kollaborativen Dynamiken sind zunächst weniger finanziell als intrinsisch motiviert und folgen dem Ziel, zusammen etwas zu erreichen und einen gemeinsamen Nutzen zu schaffen. Die Entwicklung des Internets stellt in dieser Hinsicht ein Paradebeispiel für Schwarm-Vorhaben dar, die aus einer verheißungsvollen Anfangsidee durch den Einbezug kollektiver Kreativität und Unterstützung (bspw. die Integration von Web Browsern und Serverarchitektur) eine gesamtgesellschaftliche Innovation entstehen lassen. Die Entwicklung des Internets zeigt exemplarisch, wie „selfless behavior is often the fuel that propels great ideas forward, and this sense of altruism permeates many successful swarm innovations."(81)

Obwohl diese Art von Altruismus in vielerlei Hinsicht der Verwertungslogik wirtschaftlicher Bestrebungen widerspricht, identifizieren die Autoren auch in Unternehmen wie bspw. BMW Tendenzen schwarm-orientierter Unternehmungen. Diese vergegenwärtigen sich in kleinen, unabhängigen und selbstorganisierten Entwicklerteams („skunkworks"), welche wiederum durch intrinsisch motivierte Individuen vorangetrieben werden und auf deren Passion für die Neuentwicklung innovativer Lösungen basieren. Indem derartige Innovationen primär durch artikulierte Konsumentenbedürfnisse ausgelöst werden, nutzen Unternehmen wie BMW diese kollaborativen Innovations-Netzwerke „to embrace swarm creativity and the collective intelligence of its internal employees and external customers" (82). In ähnlicher Weise treiben auch viele internetbasierte Dienste wie Flickr, Amazon oder Wikipedia durch Effekte kollektiver Schwärme die Weiterentwicklung der eigenen Organisation voran.

Ausgehend von diversen anderen Fallbeispielen fassen die Autoren das Konzept des „swarm business" in drei Prinzipien zusammen:

- "gain power by giving it away": hier gelten insbesondere Web2.0 Dienste als beispielhaft, deren Erfolgsprinzip darin besteht, sich durch einen Schwarm von „Prosumern" zu konstituieren
- "share with the swarm": hierbei geht es für Organisationen darum, nicht nur von den Effekten kollektiver Kreativität und Intelligenz zu profitieren, sondern auch entsprechende Errungenschaften etc. in den Schwarm zurückzugeben (Bsp. Open-Source-Software)
- "concentrate on the swarm, not on making money": die Autoren legen in diesem Zusammenhang nahe, unternehmerische Aktivitäten nicht primär an Profitzielen auszurichten, sondern verstärkt in die Bildung von Schwärmen zu investieren. Diese führen in der Konsequenz zu Geschäftsmodellen, die auch zu finanziellen Erträge führen.

Obwohl die dargestellten Prinzipien im Vergleich zu den etablierten ökonomischen Paradigmen eher unorthodox wirken, lassen sich bereits in einflussreichen Unternehmen wie IBM, BMW oder novartis Tendenzen eines „swarm business“ erkennen. Die Autoren gehen davon aus, dass diese Entwicklung zukünftig selbstverstärkend wirkt und zusehends mehr Unternehmen auf die beschriebenen Prinzipien zurückgreifen: „After all, when technology, innovations and ideas are being shared openly, and when competitors are increasingly giving their products away for free, how long can the old business objectives of short term gain and quick riches really last?“ (84)

Titel: Optimal product design using a colony of virtual ants	
Autor(en): M. David Albritton, Patrick R. McMullen	**Erscheinungsjahr:** 2007
Erscheinungsort: European Journal of Operational Research Vol: 176, No: 1, S. 498–520	**Zahl der Zitationen:** 8

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

In dem Artikel begegnen die Autoren dem Problem eines optimalen Produktdesigns durch die Nutzung eines „ant-colony-optimization“ Algorithmus (ACO). Die Entwicklung neuer Produktdesigns ist im Rahmen strategischer Unternehmensausrichtung von zentraler Relevanz und dabei durch die Schwierigkeit gekennzeichnet, eine optimale Mischung aus allen Gestaltungsparametern zu erreichen, die in der Konsequenz den jeweiligen Kundenpräferenzen am ehesten entspricht. Die Ameisenalgorithmen, die sich am Verhalten sozialer Insekten orientieren, werden in diesem Zusammenhang auf ein Modell zur Simulation von Konsumentenentscheidungen angewandt, das Produktdesignprozesse leiten und Angebotsszenarien planen kann.

Das Problem der Abstimmung optimaler Designmerkmale für neuartige Produkte liegt vor allem an der Komplexität, die sich einerseits aus den Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Spezifikationen und andererseits aus deren Einordnung in gesamte Angebots- bzw. Produktionsportfolios des jeweiligen Unternehmens ergibt. Die Autoren kennzeichnen die Problematik optimalen Produktdesigns daher grundsätzlich als „NP-hard, meaning the time needed to solve the problem increases at a much higher rate than the increase in the size of the problem.” (499)

Aufgrund ihrer Funktionsweise bilden ACOs im Kontext solcher Problemstellungen eine heuristische Lösung, um die notwendigen Informationen des Optimierungsprozesses zu berücksichtigen, ohne daraus resultierende Komplexität unnötig beschränken zu müssen: „As computing environments become more sophisticated and problem size becomes increasingly more manageable, this enhanced level of sophistication can be used logically to make problem formulations more realistic and complex.“ (500)

Die ACO simulieren in ihrer Anwendung auf Produktdesignprozesse Nutzerpräferenzen, die im Ergebnis zur Auswahl möglichst optimaler Gestaltungsspezifikationen führen. Die konkrete Operationalisierung des Simulationsmodells sei an dieser Stelle ausgeklammert (siehe S.505ff.). Obwohl ACO Konzepte der Schwarmintelligenz sozialer Insekten aufgreifen, finden sich in den beschriebenen Ansätzen keine unmittelbaren Übertragungen zwischen den Entscheidungsroutinen von Ameisen und den zumeist voraussetzungsvolleren Entscheidungsprozessen menschlicher Individuen. Vielmehr geht es den Autoren um die abstrakte Abbildung von Konsumentenverhalten und daraus resultierenden Rückschlüssen auf die optimale Beschaffenheit neuartiger Produkte: „By modelling consumer preferences as shifting over time, product designs are more robust, and hence, less risky in global business environments where consumers are increasingly more demanding.“ (513)

3.5.2.4 Bezug Bionik

Die Basiseinheit von Schwarm-Phänomenen wie bspw. Schwarm-Intelligenz besteht in der Emergenz kollektiver Intelligenz auf der Basis von Interaktionen von Lebewesen, die selbst nur über ein sehr begrenztes Repertoire an Interaktionsmöglichkeiten (Programmen) verfügen.

Ähnlichen wie am Beispiel des Gestaltungsleitbildes der Selbstorganisation bedarf es auch beim Schwarmkonzept der genauen Analyse, inwiefern unreflektierte Verhaltensmuster bspw. von Ameisen Erkenntnisse für die Koordination der Handlungen von menschlichen Akteuren liefern können. In vielen Fällen bildet Schwarm-Intelligenz oder Schwarm-Kreativität dabei einen Idealtypus für den Versuch, flexible, fehlertolerante und effiziente Verhaltensmuster, Organisationsroutinen o. ä. zu gestalten. Fasst man die naturwissenschaftlichen Kriterien der Schwarmintelligenz jedoch weiter und öffnet diese bspw. für anspruchsvollere Verhaltensweisen von Individuen in Organisationen, lassen sich einige Rückschlüsse auf die Bedingungen von organisationaler Schwarm-Intelligenz ziehen: So sollten die Handlungen der Individuen idealerweise „aus-sich-heraus“, also intrinsisch motiviert sein, um in wechselseitiger Interaktion zugleich kreative und stabile Handlungsmuster auszuprägen und einen gemeinsam geteilten Nutzen zu schaffen, der zumindest ansatzweise mit den Zwecken von Schwarm-Intelligenz in der Natur vergleichbar ist.

Die Argumente für die Übertragung der Schwarm-Phänomene auf wirtschaftlich-ökonomische Zusammenhänge verstärken sich bei Betrachtung computergestützter, auf biologischen Schwarm-Algorithmen basierender Simulationen und deren Anwendung auf konkrete wirtschaftliche Optimierungs-, Koordinations- und Verteilungsprobleme. Obwohl dieses Themenfeld im Bereich der Wirtschaftswissenschaften noch recht verhalten diskutiert wird, legen Entwicklungstendenzen bspw. in der Informatik oder den Prozesswissenschaften nahe, dass hier ein großes Potenzial für bionische Problemlösungsansätze liegt.

3.5.3 Ko-Evolution

Das Konzept der Ko-Evolution beschreibt im ursprünglich biologischen Sinn den Prozess wechselseitigen evolutionären Wandels von interagierenden Spezies (Thompson 1994, S.8). Indem Ko-Evolution in gleicher Weise auf die Verschiedenheit und die komplementären Zusammenhänge zwischen Arten in evolutionären Prozessen verweist, steht sie in engem Verhältnis zur Evolutionstheorie Darwins, der diesbezüglich Folgendes beschreibt: „It is interesting to contemplate an entangled bank, clothed with many plants of many kinds, with birds singing on the bushes, with various insects flitting about and with worms crawling through the damp earth, and to reflect that these elaborately constructed forms, so different from each other, and dependent on each other in so complex a manner, have all been produced by laws acting around us.” (Darwin 1859, S.489 zitiert nach Thompson 1994, S.7). Kauffman unterstreicht die Bedeutung ko-evolutionärer Entwicklungsprozesse im Rahmen der biologischen Evolutionstheorie zusätzlich, indem er feststellt, dass natürliche Wandlungsprozesse nie isoliert voneinander stattfinden und im Grunde immer ko-evolutionär verlaufen (Kauffman 1993, S.237). Beispiele für ko-evolutionäre Wandlungsprozesse liegen u. a. in der Anpassung von Bestäubern und den von ihnen bestäubten Pflanzen sowie anderen Symbiosebeziehungen als auch, jedoch unter anderen Vorzeichen, in Beziehungen zwischen Parasiten und ihren Wirten vor. Der direkte Bezug auf die Einbettung einzelner Arten in ein interdependentes Geflecht aus anderen Spezies sowie der unbelebten Natur legt es nahe, Ökosysteme als analytischen Rahmen für die Anwendung ko-evolutionärer Ansätze zu definieren.

Darüber hinaus stellt bspw. Norgaard fest, dass Ko-Evolution auch zwischen Systemen denkbar ist und sich so Möglichkeiten für adaptive Entwicklungsprozesse von Öko- und Wirtschafts- bzw. Sozialsystemen ergeben (Norgaard 1994). Es wird davon ausgegangen, dass sich verschiedene Systeme wechselseitig beeinflussen und Entwicklungsprozesse nur unter Berücksichtigung der jeweiligen Verschränkungen analysiert werden können: „Humans change environments both materially and cognitively […] and in turn new environments change human practices and ideas […] Two systems coevolve when they have a causal impact on each other's evolution." (Kallis 2007, S.1)

Einen explizit wirtschaftswissenschaftlichen Zuschnitt erfährt das Konzept der Ko-Evolution beim Mitbegründer der Evolutorischen Ökonomik Nelson, der Wandlungsprozesse in der Wirtschaft analysiert und diese mit der Entwicklung neuer Technologien in Verbindung setzt. So lassen sich bspw. bei Prozessen der Entstehung, Verfestigung und Erneuerung technologischer Pfade ko-evolutionäre Tendenzen komplementärer Entwicklungen in den entsprechenden industriell-wirtschaftlichen und/oder sozialen Systemen feststellen, in denen die jeweiligen Pfade eingebettet sind (Richard R. Nelson 1994).

3.5.3.1 Überblick Literatur / WOS Statistik

Insgesamt sind im WOS 325 Artikel dokumentiert, die sich entweder in der Überschrift oder im Abstract auf das Konzept der Ko-Evolution oder entsprechende Prozesse beziehen. Von diesen insgesamt 325 Artikeln lassen sich 211 dem Bereich Business/Management zuordnen wohingegen 114 dem Bereich Economics angehören.

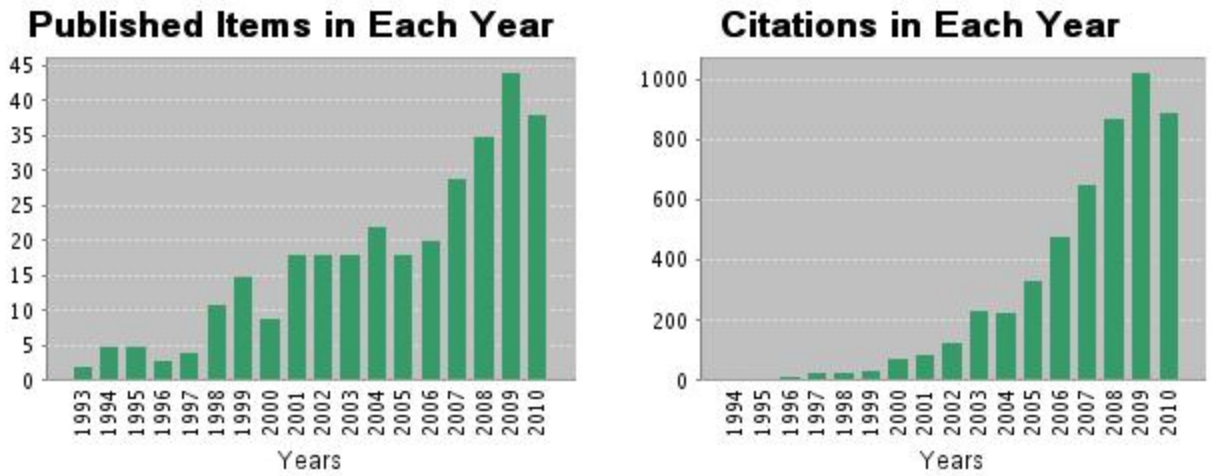


Abbildung 12: Veröffentlichungs- und Zitationshäufigkeit: Ko-Evolution

Die Übersicht zur Anzahl der Publikationen mit Bezug auf Ko-Evolution zeigt im Zeitverlauf, dass insbesondere seit 2006 ein exponentieller Anstieg in den Veröffentlichungen zu verzeichnen ist. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung auch für das Jahr 2010 fortsetzt. Die Häufigkeit der Zitationen entsprechender Artikel ist seit 2000 durch einen stetigen Anstieg geprägt, wobei in dieser Zeit Artikel mit ko-evolutionären Bezügen zunächst nur selten zitiert wurden.

Der inhaltliche Überblick der recherchierten Artikel lässt sich wie folgt zusammenfassen:

– Das Konzept der Ko-Evolution wird in den meisten Artikeln als Synonym für wechselseitig beeinflusste Entwicklungs- und Wandlungsprozesse verwendet, weswegen es prinzipiell auf einer Vielzahl von Ebenen Anwendung finden kann:
  - Reflexive Anpassungsprozesse zwischen Organisationen und ihren Umwelten (bspw. Unternehmen in spezifischen Industrien, Unternehmen und ihre Kunden) werden mitunter als ko-evolutionär beschrieben, wobei der konkrete Gegenstand der Wandlungsprozesse konkretisiert werden muss: Bspw. können die konkreten Bedingungen für einen wirtschaftlichen Wettbewerbsvorteil mit den spezifischen Kompetenzen oder Strategien von Unternehmen ko-evolvieren. In diesem Zusammenhang wird Ko-Evolution häufig mit Konzepten von Adaptivität und organisationalem Lernen in Verbindung gebracht.
  - Eine weitere Ebene von Ko-Evolution wird in Unternehmensnetzwerken oder -allianzen identifiziert, wobei hier ko-evolutionäre Tendenzen zwischen den jeweils beteiligten Organisationen identifiziert werden können. Dabei können die jeweiligen Entwicklungsprozesse sowohl konkrete strukturelle Aspekte der Organisationen, aber auch geteilte Aspekte wie Vertrauen, Kontrolle u. ä. in Netzwerken betreffen.
  - Auch innerhalb von Organisationen können sich ko-evolutionäre Entwicklungsprozesse zwischen Aspekten organisationalen Wissens, Kompetenzen, Strategien und Produkten vollziehen.

Ausgehend von der inhaltlichen Analyse der recherchierten Artikel ergibt sich folgender zusammenfassender Eindruck:

– Grundsätzlich lässt sich eine inhaltliche Verwandtschaft von Ko-Evolution auf der einen und Adaptivität auf der anderen Seite erkennen. Dies ist darin begründet, dass die Art und Weise der Beziehungen zwischen ko-evolvierenden Entitäten am besten als adaptiv bezeichnet werden kann.

– Auf Grund der erhöhten Komplexität und zunehmenden Relevanz interdependenter Beziehungsgeflechte in Wirtschaftsbeziehungen bildet Ko-Evolution ein geeignetes Konzept, um multipel beeinflusste Entwicklungsprozesse in und unter Organisationen sowie zwischen Organisationen und ihrer Umwelt zu beschreiben.

3.5.3.2 Relevante Artikel

Titel: The co-evolution of strategic alliances	
Autor(en): Mitchell P. Koza, Arie Y. Lewin	**Erscheinungsjahr:** 1998
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 9, No. 3, S. 255–264	**Zahl der Zitationen:** 174
Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen: In dem Artikel wird ein theoretischer Ansatz für die ko-evolutionäre Herausbildung strategischer Allianzen zwischen Organisationen formuliert. In dieser Perspektive werden strategische Allianzen im allgemeinen Kontext unternehmerischer Entscheidungen betrachtet, so dass sich Ko-Evolution in diesem Fall auf die adaptive Entwicklung zwischen Allianzen auf der einen sowie der übergeordneten Firmenstrategie und den jeweils relevanten Umwelt- bzw. Marktbedingungen auf der anderen Seite vollzieht. Diese wechselseitigen Prozesse werden dabei hinsichtlich ihrer zeitlichen (i. S. v. evolutionären) Ausdehnung betrachtet: „Strategic alliances, in this view, are embedded within the firm's history and strategic portfolio and co-evolve with the firm's strategy, the institutional, organizational, and competitive environment, and with management strategic intent for the alliance."(261)	

Die Autoren beziehen ihr theoretisches Rahmenkonzept explizit auf Allianzen von jeweils unabhängigen Wirtschaftsunternehmen – die Ko-Evolution derartiger Beziehungen bildet dabei das Ergebnis der Vernetzungsbemühungen der beteiligten Firmen und der wechselseitigen Einbettung in die jeweiligen Unternehmensstrukturen. Die Motivation für die Entwicklung strategischer Allianzen und entsprechender Entscheidungen im Kontext adaptiver Unternehmensplanung kann dabei entweder in der Absicht liegen, bereits vorhandene Leistungsfähigkeit verstärkt zu verwerten („exploitation“) oder neue Kompetenzen aufzubauen („exploration“). In der zeitlichen Perspektive machen die Autoren hier jedoch deutlich, dass auch die Motivation, entweder exploitation oder exploration zu realisieren, ebenfalls mit adaptiven Wandlungsprozessen bezüglich Unternehmensstrategien, Umweltbedingungen oder Managementpräferenzen ko-evolvieren kann und daher prinzipiell offen ist.

Titel: Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organizational Forms	
Autor(en): Arie Y. Lewin, Henk W. Volberda	**Erscheinungsjahr:** 1999
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 10, No. 5, S. 519–534	**Zahl der Zitationen:** 149

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

In ihrem programmatischen Artikel argumentieren die Autoren, dass sich das Konzept der Ko-Evolution in besonderer Weise zur Analyse wechselseitiger Wandlungsprozesse von Organisationen und ihrer Umgebung (andere Organisationen, Populationen) eignet. Dabei liegt der Hauptfokus des Interesses auf den prinzipiellen Interaktionen zwischen den „intra-organisationalen“ Routinen, Kompetenzen und Strukturen auf der einen, sowie den „exogenen“ Wettbewerbs- und Selektionsdynamiken auf der anderen Seite. Dieser vermeintliche Gegensatz löst sich in einer ko-evolutionären Perspektive weitgehend auf.

Ko-Evolution wird definiert als: „joint outcome of managerial intentionality, environment, and institutional effects.” (526) Für die Konzeption von Wandel bedeutet dies, dass er weder das alleinige Ergebnis strategischen Managements noch die passive Folge externer Selektion darstellt, sondern eine rekursive Folge des Zusammenwirkens beider Aspekte bildet.

Forschungsvorhaben, die sich auf Ko-Evolution berufen, müssen u. a. folgende grundlegende Prinzipien beachten (exemplarische Auswahl):

- Mehr-Ebenen-Bezug und Einbettung: Einerseits können sich Variations- und Selektionsprozesse sowohl innerhalb von Organisationen auf mehreren Ebenen vollziehen als auch übergreifende Ebenen (Populationen etc.) betreffen. Andererseits ist bei der Fokussierung auf intra-organisationale Mikro-Ebenen der makroevolutionäre Kontext selektiver Auswahl zu beachten.
- Multikausalität: Da die beschriebenen Ko-Evolutions-Systeme so komplex sind, kommt es weniger auf die Unterscheidung einzelner, direkt abhängiger Variablen als auf die Abbildung der gesamten direkten und indirekten Abhängigkeitsbeziehungen an.
- Geschichts- und Pfadabhängigkeit: Adaption in ko-evolutionären Prozessen erfolgt nicht im luftleeren Raum, sondern beruht auf frühen Zuständen und Konstellationen. Die ko-evolutionären Wandlungsprozesse sind in dieser Hinsicht jedoch nicht linear sondern prinzipiell variabel.

Zusammenfassend erklären die Autoren, dass ko-evolutionäre Forschungsansätze, die auf den skizzierten Prinzipien beruhen, das Potenzial für einen einheitlichen Analyserahmen liefern, der sowohl Fragen nach (intendierten) organisationalen Entwicklungsprozessen beantworten als auch zu einem Erkenntnisgewinn für das Verständnis von Adaption- und Selektionsprinzipien führen kann.

Titel: Product sequencing: Co-evolution of knowledge, capabilities and products	
Autor(en): Constance E. Helfat CE, Ruth S. Raubitschek	**Erscheinungsjahr:** 2003
Erscheinungsort: Strategic Management Journal, Vol: 21, No: 10–11, S. 961–979	**Zahl der Zitationen:** 149

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

Der Artikel entwirft ein konzeptuelles Modell, das ausgehend von der Ko-Evolution organisationalen Wissens, daraus resultierenden Fähigkeiten und Produkten die wesentlichen Bedingungen von Wettbewerb und die Variablen für wettbewerblichen Vorteil beschreibt. Die Autoren adressieren ihr Modell an Firmen in hoch-technologischen Wirtschaftsbereichen, die prinzipiell einen hohen Koordinationsaufwand bezüglich des für die Produktion relevanten Wissens sowie entsprechender Vorgänge und Prozesse aufweisen.

Im Zentrum ihrer Konzeption stehen „dynamische Fähigkeiten“: „Dynamic capabilities that enable firms to introduce new products and processes and adapt to changing market conditions play an important role.” (961) Die dynamischen Fähigkeiten ermöglichen Unternehmen, neue Produkte und Prozesse einzuführen und sich an wandelnde Marktbedingungen anzupassen. Einen weiteren wichtigen Aspekt bilden die Produkte an sich, sowie die damit assoziierten unternehmensinternen Wertschöpfungsketten (FuE, Produktion, Marketing etc.; „vertical chains of complementary assets and activities, to the development and exploitation of capabilities and knowledge“, ebd.). Der Dreiklang aus dynamischen Fähigkeiten, unternehmensinternen Wertschöpfungsketten (jeweils inklusive des dafür notwendigen Wissens) und den daraus resultierenden Produkten bildet den Kern der Ko-Evolution, die im Artikel beschrieben wird: „[…] product platforms evolve over time in concert with knowledge and capabilities, and provide opportunities for competitive advantage through the strategic linkage of products up, down, and across vertical chains“ (961).

Der evolutionäre Prozess basiert dabei aus der Berücksichtigung der Dimension Zeit und daraus resultierenden Tendenzen der Pfadabhängigkeit: so hängt die Neu-Entwicklung neuer Produkte und die Entstehung neuen Wissens entscheidend von dem bestehenden Produktportfolio eines Unternehmens und den damit verbundenen Kompetenzen ab. Indem jedoch die beschriebene Ko-Evolution auf einem Set interdependenter Variablen beruht, in dessen Kontext die Variation eines Elementes Veränderungen der jeweils anderen nach sich zieht, bildet das skizzierte Modell des „product sequencing“ ein dynamisches Rahmenkonzept für die Analyse von Optionen für zukünftige Produktentwicklungen.

Titel: Quasi-Natural Organization Science	
Autor(en): Bill McKelvey	**Erscheinungsjahr:** 1997
Erscheinungsort: Organization Science, Vol. 8, No. 4, S. 352–380	**Zahl der Zitationen:** 76

Inhalt / Thesen / Schlussfolgerungen:

McKelveys Grundanliegen liegt darin, den vermeintlichen Paradigmenstreit („paradigm war“) in der Organisationstheorie (objektivistisch, naturwissenschaftliche Methoden vs. subjektivistisch, auf Intentionen fokussierte Methoden) in einer „quasi-natural organization science“ aufzulösen.

Die Voraussetzung dafür besteht darin, sowohl die „natürlichen“ Effekte von Organisationen durch positivistische Prinzipien der Logik, Vorhersage, Generalisierbarkeit, Falsifizierbarkeit etc. zu beschreiben als auch zugleich Effekte menschlicher Intentionen wie Unternehmenskultur, Mitarbeitervorlieben und Entscheidungspräferenzen zu berücksichtigen. In diesem Sinne definiert McKelvey „quasi-natural“ als “the intersection of intentionally and naturally caused behaviour” (353).

Durch die Verknüpfung dieser Sichtweisen richtet der Autor seinen Blick auf den Schnittbereich und die Übergänge der beiden Phänomene. Die exemplarische Frage, ob strategische Unternehmensführung eher naturwissenschaftlichen Prinzipien folgt oder aber das Ergebnis intentionaler Entscheidungen ist, beantwortet der Autor dabei mit Verweis auf die Komplexitätstheorie: „Given attractors that pull individuals‘ and groups‘ intentionalities in opposing directions, complexity theory suggests that autocatalytic dissipative structures or chaotic behaviors appear as a result, either of which acts to create order.“ (376)

Bezogen auf die sich anschließende Frage nach der Entstehung von Ordnung (bspw. der Abläufe, Organisationsstrukturen etc.) ist der Autor der Auffassung, dass auch hier eine „quasi-natürliche“ Organisationstheorie dazu beitragen kann, die Gründe und Konsequenzen von Übergangsprozessen zwischen intentional und natürlich „hergestellter“ Ordnung zu beschreiben. In diesem Rahmen stellt insbesondere McKelveys Auseinandersetzung mit Ko-Evolution einen interessanten Aspekt natürlicher Ordnungstendenzen dar: Indem ein Wandel in den äußeren Bedingungen von Organisationen einen wesentlichen Einfluss auf so genannte, „co-evolutionary niche events“ haben, wird der Einfluss evolutionärer Entwicklungslogiken im Bereich der Organisationstheorie signifikant erhöht. Das Konzept der Nischen-Ereignisse ist dabei recht anspruchsvoll, was sich folgender Aufstellung an definitorischen Erläuterungen verdeutlicht (360):

Definitional Elements of Niche Driven Coevolution
1. A niche is the „„sum total of the adaptations of an organismic unit“ […]. It coevolves as a population changes resource consumption capabilities.
2. A niche traditionally has been defined by ecologists in terms of the resources consumed by the resident organism […] Thus, a niche is defined by the competencies a firm has available for harvesting from the resource pool comprising its niche.
3. While elements of a firm’s niche are subject to manipulation as it develops relevant competencies, aspects of the broader environment, for all practical purposes, are not.
4. The resource pool of a niche is subject to change by events in addition to the behavior of its inhabitants, such as changing economic, technological, political, and social elements.
5. The resource pool must be both available and within a firm’s competence for harvesting to serve as the source of revenues critical to the long run survival and sustainable competitive advantage of the firm. I single out revenues because firms ultimately survive by paying their bills: human, intellectual and reputational resources are in the equation to the extent that they impact revenues.
6. Resource pools coevolve with the emergence of organizational forms suited for harvesting the resource.
7. Each niche may contain other competitors who have also coevolved along with the target firm and are able to compete more or less effectively for the resource.

Zusammenfassend stellt der Autor fest, dass der identifizierte Paradigmenstreit die Organisationswissenschaft lähmt, weswegen er die Position vertritt, in gleicher Weise Elemente wie Organisationspsychologie, die Übergangsphänomene verschiedener Ordnungszustände, Ko-Evolution, Komplexitätstheorie etc. in einer Synthese zu integrieren. Dieser multiple Ansatz würde im Resultat den Kriterien einer zeitgemäßen Organisationswissenschaft entsprechen und Organisationen als flexible, lernfähige Gebilde begreifen, die in stetigem Wandel begriffen sind und daraus erwachsende Probleme durch selbstorganisierende, quasi-natürliche Koordinationsprozesse lösen.

3.5.3.3 Bezug Bionik

Im Rahmen der biologischen Evolutionstheorie bildet Ko-Evolution ein zentrales Konzept, da sie Prozesse der Variation und Selektion in ein komplexes Gebilde wechselseitiger Abhängigkeiten einbettet und so evolutionäre Entwicklungsprozesse in den Zusammenhängen natürlichen Lebens verortet. In Analogie dazu finden auch organisations- oder systembezogene Entwicklungsprozesse der Wirtschaft nicht in einem luftleeren Raum statt, sondern sind in ähnlicher Weise wie natürliche Organismen in einer Vielzahl interdependenter Konstellationen verwoben, die entscheidenden Einfluss auf die jeweiligen Selektions- (oder besser: Wettbewerbs-)Bedingungen haben können.

Neben den Selektionsprozessen sind auch die Wandlungsprozesse durch ko-evolutionäre Tendenzen bedingt. So fällt bei Betrachtung spezifischer Branchen bzw. wirtschaftsbezogener Systeme auf, dass sich die strategischen Entscheidungen von verschiedenen Unternehmen aneinander orientieren und es infolge entweder zu Isomorphie (struktureller Angleichung) oder Ausdifferenzierung der betrachteten Systeme kommen kann. Indem also Organisationen in ökonomischen Zusammenhängen anders als bspw. Organismen in Ökosystemen einen bewussten strategischen Einfluss auf den eigenen Entwicklungsprozess nehmen können, wird Ko-Evolution unter Umständen zu einer Management-Ressource, die sich entscheidend an der Umwelt der jeweiligen Organisation orientiert. Indem Ko-Evolution jedoch ein ursprünglich biologisches Konzept darstellt, impliziert es ein hohes Maß an Kontingenz und Nicht-Linearität, so dass der konkrete Handlungsspielraum von Organisationen prinzipiell mit einer gewissen Unsicherheit konfrontiert ist.

3.6 Exkurs: Verwandte Theorieansätze

Wie bereits dargestellt wurde, existiert eine Reihe von Verbindungen zwischen Biologie und Ökonomie/Management. In der Folge werden nun einige Stränge der Literatur skizziert, die zwar keine direkten begrifflichen Verbindungen zur Wirtschafts- bzw. Managementbionik aufweisen, jedoch inhaltlich damit assoziiert werden können. Diese Beispiele sollen einerseits aufzeigen, welche „Traditionen“ bereits existieren und wie sich die Bionik ggf. dort einordnen lässt. Einzelne theoretische Ansätze werden zu diesem Zweck zusammenfassend dargestellt. Die folgende Auflistung ist keinesfalls abschließend gedacht, sondern soll zum einen erste Hinweise auf potenziell bionische Ansätze und zum anderen eine Orientierung für eine mögliche Struktur der Literaturanalyse geben.

3.6.1 Evolutionsökonomik

Die Evolutionsökonomik analysiert dynamische Entwicklungen in Wirtschaft und Industrie im Fokus eines Evolutionsprozesses, dessen Verlauf prinzipiell offen ist, im Spannungsfeld von Variation und Selektion ausgehandelt wird und grundsätzlich auf mehreren Ebenen des Wirtschaftssystems anwendbar ist (vgl. bspw. Alisch u. a. 2005).

Die Theorie der Evolutionsökonomik weist dabei starke Gemeinsamkeiten mit Ansätzen sozialer Psychologie, Organisationstheorie, Erkenntnistheorie und Soziologie auf. Es wird davon ausgegangen, dass Unternehmen in ihrem Verhalten einem bestimmten Schema folgen, das sowohl von Vorkenntnissen und Lerneffekten der unternehmenseigenen Akteure als auch von deren Wertevorstellungen und Vorurteilen abhängt. Die Evolutionsökonomik basiert auf der Annahme dynamischer Märkte und fokussiert nicht zwangsläufig auf Gleichgewichtszustände. Sie geht davon aus, dass eine selbstentwickelte Anpassung ökonomischer Systeme an Neuerungen für das Überleben des Systems entscheidend ist. So steigt das Effizienzniveau eines Marktes mit fortlaufendem Lernprozess und angehäuftem Wissen der Unternehmen (vgl. Dosi & R. R Nelson 1994).

Erste Ansätze in Richtung einer Evolutionsökonomischen Theorie gab es bereits Ende des 18. Jahrhunderts: Malthus und vor allem Marx gelten als prägende Akteure (ebd.). Entscheidend für die Entwicklung der Theorie sind außerdem Schumpeter und Hayek neben wenigen anderen Autoren, die die evolutorische Ökonomik in ihren Veröffentlichungen schon etwas deutlicher definierten.

In den 80er Jahren begannen Wissenschaftler, vorrangig der *Science Policy Research Unit (SPRU)* der *University of Sussex* wie Christopher Freeman, eine klarere Definition der dynamischen Wirkungen zwischen Technologie, Wachstum und Handel zu entwickeln (Dosi & Soete 1983). Ende der 80er Jahre wurde die Evolutionsökonomik dann als unabhängige Teildisziplin der

Wirtschaftswissenschaften anerkannt. Das 1982 erschienene Buch *An Evolutionary Theory of Economic Change* von Nelson und Winter war ausschlaggebend für diesen Fortschritt. Es ist festzustellen, dass die Evolutionsökonomik seit Nelson und Winter in verschiedene Richtungen tendiert.

So findet das Motiv der Evolution und des evolutionären Wandels in den Wirtschaftswissenschaften in der jüngeren Vergangenheit im Wesentlichen auf zwei unterschiedlichen Ebenen Anwendung: einerseits mit Fokus auf die Selektionsbedingungen von Organisationen (und Innovationen) in relevanten Umwelten (i) und anderseits bezogen auf die Anpassung und Entwicklung von Organisationsstrukturen an sich wandelnde Umweltbedingungen (ii).

(i) Das Konzept evolutionärer Ökonomie baut in diesem Zusammenhang auf den Überlegungen Schumpeters zum Prozess der schöpferischen Zerstörung auf und betont den zyklischen Charakter von Innovations- und Organisationsprozessen in einem Spannungsfeld zwischen Variation und Selektion und setzt nicht, wie es neoklassische Vorstellungen nahelegen, an linearen Entwicklungsprozessen an, die allein auf Grund rationaler Überlegenheit (Effizienz) zu einem Marktgleichgewicht führen. Eine evolutionsökonomische Weiterentwicklung von Schumpeters Theorie stellen Ansätze der Pfadabhängigkeit dar, die sich mit der technologischen Entwicklungsdynamik von Innovationen auseinandersetzen und dabei neben der technologischen Leistungsfähigkeit insbesondere auch Umfeldaspekte wie bspw. positive Feedbackeffekte durch Konsumentenverhalten mit einbeziehen (Arthur 1989; David 1986). Die erfolgreiche Diffusion neuer Technologien ist somit nicht primär von rationalen Kriterien abhängig, sondern auch entscheidend durch externe, sozioökonomische Selektionsprozesse geprägt.

Neben Innovationsprozessen können auch Organisationen Gegenstand evolutionsökonomischer Analysen sein. Dabei geht es im erstgenannten Fall zumeist um die (Fort-)Entwicklung technischer Systeme, die als zyklische Abfolge von Variations- und Selektionsprozessen beschrieben wird. Inwiefern sich die Übertragung der biologischen Evolutionsprinzipien in diesem Zusammenhang eher als Metapher oder Analogie darstellt, unterscheidet sich zwischen verschiedenen theoretischen Ansätzen: Während z. Bsp. Hughes seiner Metapher eines evolutionären Phasenmodells („patterns of evolution“) eine implizite Wachstumslogik unterstellt, die den Prozess von der Entwicklung hin zu Wachstum, Wettbewerb und Konsolidierung beschreibt (Hughes u. a. 1987, S.56), erklären bspw. Hesse & Koch (1995) die Analyse technischer Innovationen in enger biologischer Analogie durch die Abfolge von Variation und Selektion. Bezogen auf Organisationen (Wirtschaftsunternehmen etc.) ist die evolutionäre Ökonomie vor allem durch den Ansatz der „Population Ecology“ geprägt (Hannan & Freeman 1977; Hannan & Freeman 1984), der das Verhältnis zwischen Organisationen und ihren Populationen (i. S. v. Märkten, Branchen o. ä.) thematisiert. Ausgehend von der Rahmenbedingung begrenzter Ressourcen versuchen die Autoren herauszustellen, welche Organisationsstrukturen- und Routinen zu einer positiven bzw. negativen Selektion durch die Umwelt führen und welche Rückschlüsse davon auf die Entwicklung von Märkten, Branchen etc. abgeleitet werden können.

Des Weiteren lassen sich wesentliche Schnittbereiche zwischen den evolutions- und institutionstheoretischen Ansätzen der Wirtschaftswissenschaften identifizieren, wobei in diesem Zusammenhang diskutiert wird, welchen (evolutionären) Wandlungsprozessen die Rahmenbedingungen wirtschaftlichen Handelns unterworfen sind (vgl. Hodgson 1995; 2004; Hoffman 1999).

(ii) Evolutionstheoretische Ansätze der Organisationsforschung betreffen in der Regel innere Organisationsstrukturen und analysieren so die Herausbildung und den Wandel von internen Routinen, Hierarchien und Kompetenzen. Dabei stellt sich die Frage, wie betreffende Strukturen variiert wer-

den müssen bzw. können, um vor dem Hintergrund organisationsexterner Selektionsbedingungen das Überleben von Unternehmen etc. in turbulenten Umwelten zu gewährleisten (vgl. Aldrich & Ruef 2006).

Ein Blick auf die aktuelle Situation zeigt, dass das Fachgebiet der Evolutionsökonomik mittlerweile internationale Bekanntheit erreicht hat; diverse Forschungseinrichtungen und Fachzeitschriften legen einen Schwerpunkt auf diese Disziplin. Als wichtigste Zeitschrift ist das *Journal of Evolutionary Economics* zu nennen. Sowohl die Evolutorische Ökonomik als auch die Wirtschaftsbionik verwenden Konzepte der Evolutorischen Biologie wie die Variation/Mutation, Selbstorganisation oder Selektion und passen sie an wirtschaftliche Systeme an.

Weiterführende Literatur zu evolutionären Ansätzen:

Aldrich, H. (1999): Organizations evolving. London.

Arthur, W.B. (1998): Increasing returns and path dependence in the economy, University of Michigan Press.

Barnett, W.; Burgelman, R. (1996): Evolutionary perspectives on strategy. In: Strategic Management Journal 17, 5-19.

Baum, J.; Singh, J. (Hg.) (1994): Evolutionary Dynamics in Organisations. New York.

Hannan, M.; Freemann, J. (1989): Organizational Ecology. Cambridge.

Kieser, Alfred (1988): „Darwin und die Folgen für die Organisationstheorie: Darstellung und Kritik des Population Ecology-Ansatzes“, in: DBW - Die Betriebswirtschaft, vol. 48 (1988), no. 5, pp. 603-620.

Kieser, Alfred (2002): Evolutorische Ansätze in der Organisationstheorie – eine kritische Bestandsaufnahme. In: ZfB – Zeitschrift für Betriebswirtschaft, ZfB-Ergänzungsheft 2/2002, pp. 67-74.

Kieser, Alfred; Woywode, Michael (1999): Evolutionstheoretische Ansätze. In: Kieser, Alfred (ed.): Organisationstheorien, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, Berlin, Köln, pp.253-285.

Malik, F.; Probst, G. (1981): Evolutionäres Management. In: Die Unternehmung 15, 121-140.

Otto, K.-S., Nolting, U., Bässler, C. (2007): Evolutionsmanagement. Von der Natur lernen: Unternehmen entwickeln und langfristig steuern. Hanser Verlag, München, Wien

Staber, Udo (2002): Der evolutionstheoretische Ansatz in der Organisationsforschung: Einblicke und Aussichten. In: G. Schreyögg/ P. Conrad (Hg.): Theorien des Managements. Managementforschung 12

3.6.2 Allgemeine Systemtheorie und kybernetische Ansätze

Systemtheoretische Ansätze haben ihren Ursprung in zwei zentralen naturwissenschaftlichen Theoriebeiträgen, die Mitte des 20. Jahrhunderts geprägt wurden. Dabei handelt es sich zum einen um die allgemeine Systemtheorie (General Systems Theory) Ludwig von Bertalanffys (i) und zum anderen um die Kybernetik, die im Wesentlichen auf Norbert Wiener und Heinz von Foerster zurück geht (ii).

(i) Die allgemeine Systemtheorie wurde zunächst als Alternative zum Newtonschen Weltbild der klassischen Physik entwickelt, die sich ausgehend von einem deduktiven Forschungsfokus der Analyse und Beschreibung einzelner, unabhängig voneinander betrachteter Phänomene widmet (Sedlacek 2010, S.13). Da sich diese Perspektive insbesondere für die Untersuchung von Experimenten unter Laborbedingungen eignet, jedoch laut Bertalanffy für die Erforschung lebendiger Phänomene in biologischen Zusammenhängen inadäquat ist, adressiert dieser mit der allgemeinen Systemtheorie vor allem die interdependenten Beziehungen zwischen Phänomenen sowie die Abhängigkeit dieses Systems (im Sinne eines Beziehungsnetzwerkes) zu seiner Umwelt. Diese Betrachtungsweise impliziert im Vergleich zur deduktiven Analyse eine ungleich höhere Komplexität, da einerseits die rekursiven Beziehungen der Phänomene/Elemente innerhalb eines Systems sowie die externen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemen im Zentrum der Betrachtung stehen.

Die Grundannahme der Systemtheorie lautet, das Systeme zwar über spezifische Strukturen und Funktionen verfügen, deren Folgen jedoch nicht determinierbar sind. Statt Linearität sind Systeme in dieser Sichtweise durch organisierte Komplexität gekennzeichnet, deren Untersuchung einen wesentlichen Aspekt des theoretischen Erkenntnisinteresses darstellt (ebd.). Insofern fokussiert die allgemeine Systemtheorie primär auf „offene Systeme“, die unter einem dynamischen, prinzipiell nicht voraussehbaren Einfluss ihrer Umwelten stehen und diesen externen Unsicherheiten durch die Aufrechterhaltung einer relativen Stabilität („Fließgleichgewicht“) begegnen.

Die Grundzüge der allgemeinen Systemtheorie haben vielfältigen Einfluss auf eine Reihe von Wissenschaftsdisziplinen genommen und werden neben der Physik und Biologie bspw. im Kontext der Chemie, Informatik, Mathematik, Soziologie oder Wirtschaftswissenschaften diskutiert. Grundsätzlich ist bei systemtheoretischen Ableitungen zwischen Fachdisziplinen jedoch die spezifische Begriffsdefinition sowie die Konzeption der Grenzen von Systemen zu beachten. So können im hier vertieften Kontext der Wirtschaftswissenschaften bspw. sowohl Organisationen (Luhmann 2006) als auch Märkte und Volkswirtschaften (Börner 2000) als System definiert werden, was mit unterschiedlichen Implikationen für die Untersuchung des jeweiligen Systems einhergeht. Grundsätzlich eignet sich das ursprünglich naturwissenschaftliche Konzept der organisierten Komplexität jedoch in vielerlei Hinsicht für die Untersuchung ökonomischer Fragestellungen.

(ii) Die Lehre der Kybernetik beschäftigt sich vorrangig mit der Informationsverarbeitung sowie der (Selbst-)Steuerung und Regulation von Systemen, deren Elemente dabei sowohl lebende Organismen als auch Maschinen o. ä. sein können. Gablers Wirtschaftslexikon erläutert weiter, dass für die Bildung kybernetischer Modelle die Eigenschaften wie Struktur und Funktion der Systeme erforscht werden. Die Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Systemelementen sowie dem System mit seiner Umwelt werden durch Material-, Energie sowie Informationsaustausch definiert. Die verschiedenen Systemelemente beeinflussen sich gegenseitig (Rückkopplung). Es geht vor allem darum festzustellen, wie stabil ein System gegenüber inneren und äußeren Störfaktoren ist (vgl. Alisch u. a. 2005).

Da kybernetische Ansätze von den unterschiedlichsten Bereichen aufgegriffen wurden, werden heute je nach zugehöriger Fachrichtung unterschiedliche Subthematiken differenziert: So gibt es die Biokybernetik in den Biowissenschaften, die Systematik und Kybernetik 2. Ordnung in den Geisteswissenschaften, die Regelungs- und Steuerungstechnik im technischen Bereich sowie in den Sozialwissenschaften die Wirtschafts-, Management- oder Sozialkybernetik. Letztgenannte Ansätze der Wirtschafts- und Sozialkybernetik beinhalten die Möglichkeit der empirischen und theoretischen Modellbildung, die dann Entscheidungsprozesse unter Ungewissheit durch die Vorgabe

bestimmter Sollwerte bzw. Sollwert-Pfade fundiert. Die Modelle können schrittweise ergänzt werden und z.B. auch Kosten der verschiedenen Systemelemente berücksichtigen (ebd.).

Die Kybernetik wurde während des 2. Weltkrieges vor allem durch den Mathematiker Norbert Wiener entwickelt. Andere entscheidende Wissenschaftler für die Weiterentwicklung und den Erfolg der Kybernetik waren Heinz von Foerster, John v. Neumann, Ross Ashby und Gregory Bateson. In den 50er und 60er Jahren lag ein wichtiger Angelpunkt des Forschungsbereichs im *Massachusetts Institute of Technology* unter Walter Pitt und Warren McCulloch. Hier entwickelte Jay Forrester an der Sloan School of Management Simulationen, bei denen Industriefirmen und generell Organisationen als kybernetische Systeme dargestellt bzw. modelliert wurden. Dadurch ließ sich ihr Verhalten retrospektiv und prospektiv simulieren. In Deutschland gibt es im Bereich der biologischen Kybernetik auf wissenschaftlicher Ebene z. B. das *Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik* in Tübingen (vgl. Schramm 2005).

Parallel zu o. g. Entwicklungen, fand die Kybernetik im Jahre 1959 mit dem Grundlagenwerk *Cybernetics and Management* von Stafford Beer konkret Einzug in die Unternehmensorganisation. Beer entwickelte das *Viable System Model*, mithilfe dessen die Optimierung des Managements auf und des Informationsaustausches zwischen den verschiedensten Organisationsebenen erreicht werden soll (Beer 1959). Im europäischen Raum machte sich vor allem Frederic Vester mit seiner Forschung im Bereich der Biokybernetik einen Namen. Er entwickelte u. a. eine Software zur Planung und Mediation in komplexen Systemen, die vor allem in der Unternehmensberatung eingesetzt wird. Beers Ansatz wurde darüber hinaus in den 70er Jahren vorrangig von Fredmund Malik aufgegriffen und in seine verschiedenen Managementkonzepte integriert. Malik verfolgt eine Kombination der Allgemeinen Systemtheorie sowie der Komplexitätswissenschaften mit Kybernetik und Bionik. Er definiert seinen Managementansatz als die Verwendung bionischer Lösungen für Probleme in komplexen Systemen, also als eine direkte Verbindung des Feldes der Bionik und der Kybernetik (Malik Management Zentrum St. Gallen 2010). Die Anschlussfähigkeit zwischen ökonomischen Fragestellungen und Teilaspekten der Systemtheorie und insbesondere Kybernetik bezieht sich dabei primär auf Konzepte der Selbstorganisation und Regelung bzw. Selbstregulierung von Systemen.

Weiterführende Literatur zur Systemtheorie und Kybernetik:

Beer, Stafford (1959): Cybernetics and Management. English Universities Press, London. John Wiley, New York.

Beer, Stafford (1966): Decision and Control. The Meaning of Operational Research and Management Cybernetics. John Wiley.

Beer Stafford (1972): Brain of the Firm; Allen Lane, The Penguin Press, London.

von Bertalanffy, Ludwig (1949): Das biologische Weltbild: Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft, A. Francke.

Varela, F., Maturana, H. & Uribe, R. (1974): Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. Biosystems, 5(4), S.187-196.

Wiener, Norbert (1948): Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge, MA: MIT Press.

3.6.3 Industrial Ecology

Industrial Ecology (IE) erforscht die Zusammenhänge innerhalb und zwischen industriellen und ökologischen Systemen. Sie betrachtet die physikalischen, chemischen und biologischen Auswirkungen der Industrie und des technischen Fortschritts und die damit zusammenhängenden sozialen und ökonomischen Veränderungen auf Natur und Umwelt (vgl. Garner & Keoleian 1995).

Die Industrial Ecology verwendet Ökosysteme als Vorbilder für Industriesysteme. In einem ersten Zugang analysierten die Wissenschaftler Ökosysteme hinsichtlich ihrer Material- und Energieflüsse und übertrugen diese auf die Gestaltung von industriellen Systemen (Industrieparks, zusammenhängende und sich beeinflussende Betriebe, das Konzept der Industrial Symbiosis). Später kamen Überlegungen zu den Grenzen ökologischer und somit industrieller Systeme auf; Begriffe wie Resilienz und Tragekapazität gewannen an Bedeutung. Zusammenfassend entwickelt die IE vor allem Konzepte und Strategien zur Unterstützung von Effizienz und Konsistenz auf systemischer Ebene (Gleich & Gößling-Reisemann 2008).

Schlüsselbegriff der Industrial Ecology ist der Produktlebenszyklus und sein Management („life cycle assessment“). Die IE versucht eine optimale Behandlung für jeden Lebensabschnitt des Zyklus zu definieren, vom Entnehmen des Rohmaterials, über die Produktionsprozesse sowie den Gebrauch des Produktes bis hin zur Abfallverwertung. Ein adäquates Management unter Beachtung des Lebenszyklus eines Produktes führt zu umweltschonenderer Produktion und Industrie.

Ziel der IE, die vor allem auch als wichtiger Promotor der Nachhaltigkeit gilt, ist es industrielle Systeme und ihre Einbettung in die Umwelt verständlich zu machen. Anschließend soll das System so verändert werden, dass es mit den natürlichen Ökosystemen, die es berührt, kompatibel ist. Zum Forschungsbereich gehören neben o. g. Lebenszyklusmanagement zum Beispiel auch die Untersuchung von Material- und Stoffflüssen sowie des technologischen Fortschritts und seiner Auswirkung auf die Umwelt, Dematerialisierung, eco-design und eco-efficiency (vgl. Ayres 1989).

Bezüglich der Unterstützung nachhaltiger Entwicklung setzt sich die IE drei Ziele: Nachhaltige Nutzung von Ressourcen, Gesundheit von Mensch und Umwelt sowie inter- und intragenerative Gerechtigkeit. Entscheidend ist hier die Unterscheidung nach verschiedenen Systemebenen, z.B. der institutionellen Ebene des Unternehmens, der Produktionsebene oder die Unterscheidung nach den Produktlebensabschnitten. Diese Analyse der differierenden Systeme auf unterschiedlichen Ebenen innerhalb eines Unternehmens bzw. zwischen Unternehmen in einem Wirtschaftssystem macht nachhaltige Unternehmensprozesse möglich, da sie alle Stufen des Prozesses mit einschließt (Gleich & Gößling-Reisemann 2008).

Die Anfänge der heutigen IE, die sich vor allem in den USA herausbildeten, sind um 1990 zu finden. 1989 wurde die Idee des „industrial metabolism“ von Robert Ayres entworfen in Anlehnung an den organismischen Stoffwechsel im gleichen Jahr sprachen Robert Frosch und Nicholas Gallopoulos von einem neuartigen Industriemodell, den „industrial ecosystems“, die umweltbewusst und nachhaltig funktionieren. Ihre Idee wurde bei einem Symposium *der US National Academy of Sciences*, das als Türöffner für die Entwicklung der Industrial Ecology gilt, in den frühen 90er Jahren aufgegriffen (vgl. International Society for Industrial Ecology 2010). Durch die Gründung des *Journal of Industrial Ecology* an der Yale Universität in den späten 90er Jahren wurde das Forschungsfeld international bekannt. Die *International Society for Industrial Ecology (ISIE)* entstand bald darauf im Februar 2001. 2004 wurde dann noch die wissenschaftliche Fachzeitschrift *Progress in Industrial Ecology* ins Leben gerufen. Mittlerweile werden außerdem vielfach Vorlesun-

gen und sogar Universitätsstudiengänge zur Thematik der Industrial Ecology angeboten. Aktuell relevante Akteure des Feldes sind neben der *ISIE* und den weiteren Autoren des *Journal of Industrial Ecology* speziell Braden Allenby, John R. Ehrenfeld und Thomas Graedel sowie C.S. Holling und James J. Kay.

Bezüge der Wirtschaftsbionik auf die Industrial Ecology zeigen sich fundamental im Gedanken der Integration von ökonomischen und biologischen Systemen sowie der Nutzung von Analogien aus Natur und Wirtschaft. Die Organisation von und das interne Zusammenspiel in komplexen Systemen spielt in beiden Feldern eine entscheidende Rolle. Während aber die IE auf ein Einpassen industrieller und unternehmerischer Systeme in die natürliche Umwelt und ihre Bedingungen abzielt, richtet die Wirtschaftsbionik den Blick eher auf neue Lösungswege durch Nachbildung biologischer Prozesse.

Weiterführende Literatur zum Ansatz Industrial Ecology

Allenby, Brad (2006): The ontologies of industrial ecology. In: Progress in Industrial Ecology (Inderscience Enterprises Ltd.) 3 (1/2): 28-40.

Desrochers, P. (2004): Industrial symbiosis: the case for market coordination. Journal of Cleaner Production 12(8–10): 1099–1110.

Desrochers, P. (2002): Natural capitalist“s indictment of traditional capitalism: a reappraisal. Business Strategy and the Environment 11(4): 203–220.

Ehrenfeld J. (1997): Industrial ecology; a framework for product and process design. Journal of Cleaner Production 5(1/2): 87–96.

Holling, C.S., Gunderson, L.H. (2002): Resilience and adaptive cycles. In: Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), Panarchy. Island Press, Washington, D.C., pp. 25–63.

Holling, C.S., Gunderson, L.H., Ludwig, D. (2002): In quest of a theory of adaptive change. In: Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), Panarchy. Island Press, Washington, D.C., pp. 3–25.

Korhonen, J. (2004): Theory of industrial ecology. Progress in Industrial Ecology 1(1–3): 61–88.

Korhonen J. (2004): Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology. Journal of Cleaner Production 12(8–10): 809–823.

4 Zusammenführung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Literaturanalyse, die in den Kapiteln 3.3 bis 3.5 detailliert dargestellt wurden, werden im Folgenden zusammengefasst.

4.1 Wirtschafts- und Managementbionik im engeren Sinn

Die Literatursuche, die auf Wirtschafts- und Managementbionik im engeren Sinn fokussierte, bestand in einer Internetrecherche auf Basis eben dieser Suchbegriffe. Ein zentrales Ergebnis der Analyse war, dass die unterschiedenen Begriffe Wirtschaftsbionik und Managementbionik in sämtlichen Schreibweisen zu den mehr oder weniger identischen Suchergebnissen führen. Eine inhaltliche Differenzierung des Themenfeldes, bspw. in betriebswirtschaftliche oder volkswirtschaftliche Auslegungen, findet demnach nicht statt. Beide Begriffe werden im Rahmen der recherchierten Literatur größtenteils im Bereich der Unternehmensberatung verwendet, fallen also eher in die organisationsbezogene Kategorie von Managementansätzen, Marktstrategien etc.

Ferner wurde festgestellt, dass es zumindest aktuell kein abgrenzbares Aktivitätsfeld der Wirtschafts- und Managementbionik gibt. Dieser Befund wird neben den Ergebnissen der Literaturrecherche auch von der Akteurs- und Veranstaltungsanalyse gestützt. Zwar konnten einige Publikationen, Akteursgruppen und Veranstaltungen identifiziert werden, allerdings gehen diese Aktivitäten entweder auf eine vergleichsweise kleine Kerngruppe von Akteuren zurück, die sich exklusiv mit Themen der Wirtschafts- und Managementbionik auseinandersetzt, oder basieren auf Urhebern, die ihren eigentlichen Fachhintergrund in angrenzenden Wissenschafts- oder Tätigkeitsfeldern haben.

Die inhaltlichen Schnittstellen, die sich aus der zuvor skizzierten Konstellation ableiten, resultieren in einer weiteren zentralen Eigenschaft der wirtschaftsbezogenen Bionik-Community: zumindest im deutschsprachigen Raum ist diese nämlich sowohl inhaltlich als auch personell entscheidend durch die Überschneidungen zu anderen Wissenschaftsfeldern geprägt. So haben bspw. zentrale Akteure wie Malik oder Nachtigall einen kybernetischen bzw. technik-bionischen Hintergrund, was auch die inhaltliche Diskussion der Anwendungsmöglichkeiten von Bionik in der Wirtschaft entscheidend beeinflusst. Weitere Schnittbereiche existieren bspw. zu den Feldern der Evolutionsökonomik, Schwarmintelligenz oder Bioökonomie.

Bezogen auf den englischsprachigen Raum, erscheint die Thematik der Wirtschafts- und Managementbionik derzeit eine noch geringere Popularität zu genießen. Entsprechende Begrifflichkeiten existieren in den USA und Großbritannien im Sinne der deutschen Wirtschafts-/Managementbionik praktisch nicht. Bei ca. 95% der Einträge handelt es sich um technische bionische Innovationen oder Management im ursprünglichen Sinne ohne jegliche Verbindung zur Bionik. Es ist festzustellen, dass auch die Begriffe biomimicry, biomimetic und biomimesis nahezu identische Ergebnisse hervorbringen und primär im Bereich des architektonischen sowie Produktdesigns und der Robotertechnologie verwendet werden. Einzig Janine Benyus und Olga Bogatyreva wenden in jeweils einem Buch Vorbilder aus der Natur auch auf Unternehmensführung und -strukturen an.

Es bleibt abzuwarten, wie sich die Entwicklungen in diesem engeren Feld der Wirtschafts- und Managementbionik zukünftig vollziehen. Obwohl prinzipiell eine Vielzahl möglicher Anknüpfungspunkte des Lernens von der Natur existieren, erscheint die aktuelle Diskussion wirtschafts- und managementbezogener Fragestellungen unter dem Bionik-Label eher eng auf kybernetische bzw. sys-

temtheoretische Ansätze zur Bewältigung von Komplexität orientiert zu sein. Ob oder inwiefern sich eine eigenständige Forschungsdisziplin analog zum Strang technischer Innovationen in der Bionik herausbilden kann, ist derzeit noch offen.

4.2 Wirtschafts- und Managementbionik im weiteren Sinn

Ziel dieser Analysestrategie war es, wirtschaftswissenschaftliche Forschungsansätze zu identifizieren, die sich auf allgemeine bionische Gestaltungsleitbilder und wirtschafts- bzw. managementrelevante biologische Konzepte beziehen und so die Diskussion und Ausgestaltung des Themenbereichs Wirtschafts- und Managementbionik bereichern und fundieren können. Das Fundament dieses Vorhabens bildeten dabei die Begrifflichkeiten der Adaptivität, Selbstorganisation, Resilienz, Schwarmintelligenz, Ko-Evolution und Ökosysteme, die Gegenstand der Literaturrecherche waren und Facetten möglicher bionischer Entwicklungstendenzen im Bereich der Wirtschaft und Ökonomie darstellen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass natürliche bzw. biologische Konzepte eine Vielzahl von möglichen Anknüpfungspunkten für wirtschaftswissenschaftliche Fragestellungen implizieren und Wirtschafts- bzw. Managementbionik gerade gegenwärtig einen Beitrag für die Wirtschaftswissenschaften leisten können. Inwiefern entsprechende Themenzusammenhänge letztendlich unter dem Bionik-Label diskutiert werden, ist dabei jedoch fraglich, da insbesondere der englischsprachige Wissenschaftsdiskurs kaum auf entsprechende Begriffskonzepte eingeht. Inhaltlich findet eine damit assoziierbare Auseinandersetzung jedoch zweifellos statt.

Eine zentrale Erkenntnis der Literaturanalyse liegt darin, dass sich insbesondere die betrachteten Gestaltungsleitbilder trotz ihrer unterschiedlichen Wirkprinzipien und Erklärungsansätze durch einen generellen inhaltlichen Schnittbereich charakterisieren lassen. Dieser Schnittbereich konstituiert in Analogie zum „bionischen Versprechen“ der technologieorientierten Bionik[16] den Kern wirtschafts- und managementbionischer Idealtypen (Flexibilität, Fitness usw.), deren Fundament die in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Gestaltungsleitbilder wie Adaptivität, Resilienz und Selbstorganisation bilden. Abbildung 1 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar, wobei davon auszugehen ist, dass dieser nicht den finalen Stand der Dinge wiedergibt, sondern im Rahmen weiterer Analysen durch zusätzliche Leitbilder bzw. Konzepte ergänzt werden könnte.

[16] Als „bionisches Versprechen“ definieren Gleich u. a. (2007, S.30) die Erwartung an eine „besondere Qualität“ bionischer Lösungen, die sich oft mit dem Hinweis auf evolutionäre „Erprobtheit“ bzw. einen „sich über Millionen von Jahren hinziehenden evolutionärem Optimierungsprozess“ begründet.

Abbildung 13: Wirtschafts- und managementbionische Gestaltungsleitbilder und korrespondierende Idealtypen

Die betrachteten bionischen Leitbilder und Konzepte beziehen sich nahezu auf das komplette Spektrum wirtschafts- und managementorientierter Anwendungsgebiete. Dies betrifft sowohl die unterschiedlichen Ebenen des Wirtschaftssystems, als auch eine Vielzahl wirtschaftswissenschaftlicher Themenfelder. Folgende Ebenen können für die Anwendung bionisch inspirierter Konzepte identifiziert werden:

– Mikro-Ebene individueller Akteure: Bionische Ansätze beziehen sich in dieser Hinsicht auf die Verhaltens- und Handlungsmuster individueller Mitglieder von Organisationen.

– Ebene organisationaler Strukturen: Bionische Ansätze beziehen sich hierbei auf die Art und Weise der Ausbildung und Entwicklung von Organisationsstrukturen.

– Ebene interorganisationaler Beziehungen: Das Verhältnis zwischen Organisationen bspw. in Unternehmensnetzwerken impliziert weitere Anwendungspunkte für bionische Konzepte.

– Märkte, Branchen etc.: Bionische Ansätze adressieren in diesem Zusammenhang höhere Aggregationsebenen wie Märkte, Branchen oder Industrien, die einen analytischen Rahmen für die Betrachtung wirtschafts- und managementorientierter Zusammenhänge bilden.

– (Wirtschafts-)Systemebene: Das Wirtschaftssystem konstituiert ein interdependentes, komplexes Geflecht aus Zusammenhängen, dessen Entwicklungsdynamiken auch unter Rückgriff auf bionische Erklärungsmuster beschrieben werden können.

Die skizzierte Unterscheidung bildet zunächst lediglich einen Ansatz zur analytischen Differenzierung der Anwendungsbereiche, da sich die jeweils betrachteten Leitbilder und Konzepte in der Regel keiner dieser Ebenen exklusiv zuordnen lassen, sondern sich verstärkt auf die Zusammenhänge zwischen ihnen beziehen. Interessanterweise ließen sich auch die in Abbildung 1dargestellten Verschränkungen von bionischen Leitbildern auf jeder der genannten Ebenen anwenden, was sicherlich eine weitreichende Option für wirtschafts- und managementbionische Ansätze eröffnet. Die Kategorisierung der Wirkebenen verdeutlicht jedoch vor allem eine weitere Erkenntnis, nämlich dass sich bionische Konzepte in besonderer Weise dazu eignen, Erklärungsansätze für die Verzahnung und wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den Ebenen des Wirtschaftssystems zu

liefern (hier wäre auch das Panarchykonzept von Holling und Gudbrandson einzuordnen). Zentrale Fragen des wirtschaftswissenschaftlichen Diskurses betreffen in dieser Hinsicht zum Beispiel die Prozesse dynamischen Wandels von Organisationen, Märkten etc., die interdependenten Bedingungen für die Herausbildung von Innovationen oder die Dualität von Beziehungen zwischen Organisationen und ihrer Umwelt. Jeder dieser Themenbereiche impliziert ein Höchstmaß an Komplexität und Multikausalität und eignet sich daher in besonderem Maße für die Anwendung biologisch motivierter Ansätze, da diese auf Grund ihrer Erprobtheit im nicht weniger komplexen Kontext der Evolution angemessene Lösungen liefern können. Im Gegensatz dazu haben gerade die etablierten Theoriemodelle der Wirtschaftswissenschaften in diesen Bereichen die größten Erklärungsschwierigkeiten. Wenn also zum Beispiel Adaptivität von Organisationen die Entstehung punktueller Marktgleichgewichte erklären kann, Selbstorganisation ein Konzept liefert, um die spontane Herausbildung emergenter Ordnungsstrukturen in vertrauensbasierten Unternehmensnetzwerken o. ä. zu beschreiben, oder Resilienz einen Idealtyp für die Balance aus Stabilität und Flexibilität von Wirtschaftssystemen konkretisiert, wird offensichtlich, welche Reichweite und welches Potenzial Bionik auch in den Wirtschaftswissenschaften haben kann.

5 Implikationen für den Naturschutz

Wissenschaftliche Begründungen für den Naturschutz stehen häufig vor dem Problem, dass sich vor dem Hintergrund allgemeiner wissenschaftlicher Kategorien wie Objektivität und Wertfreiheit die stark emotionalen und ethischen Motive, die im Naturschutz ohne Zweifel eine große Rolle spielen, nur schwer artikulieren lassen. Bezogen auf das Feld der Bionik entschärft sich dieser Gegensatz, da die Natur als Innovationsquelle den wissenschaftlichen Ansatz bildet und ihr Wert/Nutzen im Zentrum der Auseinandersetzung steht. Damit einher geht eine Faszination und Wertschätzung für die biologischen Vorbilder und in der Konsequenz auch die Notwendigkeit, Biodiversität (genetische Vielfalt, Artenvielfalt und Vielfalt der Ökosysteme) im Sinne eines potenziell unendlichen Innovationspools zu schützen.

In der ökonomischen Diskussion wird die Biodiversität oft im Sinne einer (knapper werdenden) Ressource thematisiert. Das „Millenium Ecosystem Assessment“ hat den Versuch unternommen, den Stand und die Entwicklung der Biodiversität abzuschätzen. Dies mit dem Ergebnis, dass die Biodiversität gefährdet ist. Insofern wird zum einen nach Politikstrategien und Instrumenten gesucht, die in der Lage sein können, den Biodiversitätsverlust aufzuhalten. Im Rahmen dieser Aktivitäten ist auch auf die Initiative „The Economics of Ecosystems and Biodiversity“ (TEEB) zu verweisen, die versucht eine ökonomische Bewertung der Ökosystemdienstleistungen vorzunehmen. Diese Initiative berücksichtigt aktuell allerdings keine bionischen Aspekte. Grundsätzlich bilden die biologischen „Baupläne“ und Organisationsprozesse des Innovationspools Natur für die Gesellschaft jedoch durchaus einen ökonomisch bewertbaren Nutzen, dessen Ursprung in der Natur bzw. in biologischen Vorbildern liegt.

Einen weiteren Anknüpfungspunkt zwischen Bionik und den Zielen des Naturschutzes bilden die Begründung des Naturschutzes durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2002, S.17). Der SRU unterscheidet dabei vier Dimensionen:

- **Regulationsfunktion**: Die Fähigkeit von natürlichen und semi-natürlichen Ökosystemen zur Regulation essenzieller ökologischer Prozesse und von Lebenserhaltungssystemen wie Klima, Trinkwasser, fruchtbarer Boden, Erzeugung von Biomasse, Recycling häuslicher Abfälle usw.
- **Tragefunktion**: Natürliche und semi-natürliche Ökosysteme stellen Raum, nutzbares Substrat oder Medien für menschliche Aktivitäten bereit. Hierzu gehören z. B. Erholung, Bauland oder landwirtschaftliche Nutzflächen.
- **Produktionsfunktion**: Die Natur stellt vielfältige Güter zur Verfügung. Dazu zählen Nahrungsmittel genauso wie energetische Ressourcen oder genetisches Material.
- **Informationsfunktion**: Viele technische Erfindungen basieren auf Vorbildern aus der Natur. Im Bereich der Bionik gibt es vielfältige Versuche, die Natur in technologischer Hinsicht zum Vorbild zu nehmen.

Bionik wird in diesem Zusammenhang unter „Informationsfunktion“ erwähnt, fundiert jedoch keinen neuen Begründungszusammenhang. Die Bewertung dieser Funktion könnte sich allerdings verändern, wenn die Bionik eine größere Bedeutung erlangt. Die vorliegende Literaturstudie belegt mit ihrem Fokus auf wirtschaftsbezogene Bionik, dass die nutzenorientierte Argumentation für Naturschutz auf Bereiche der Gestaltung von Wirtschaftssystemen (Organisationen, Netzwerke, Märkte usw.) ausgedehnt werden kann und Konzepte wie Schwarmintelligenz, Resilienz oder Selbstorganisation in diesen Kontexten einen Mehrwert darstellen.

Die Bionik selbst hat sich in den vergangenen Jahren deutlich verändert, was bezogen auf den technischen Anwendungsbereich insbesondere auch durch das Aufkommen neuer Technologien, die in die Nanosphäre hineinreichen, begründet ist. Insofern kann die Bedeutung der Bionik auch auf die unterschiedlichen Ebenen des Naturschutzes bezogen werden. Geht man von den drei Ebenen aus, die im Rahmen der CBD benannt werden, so können folgende Zusammenhänge dargestellt werden:

– Die molekulare (genetische, zelluläre) Ebene, indem bspw. Vorbilder für die Entwicklung von Verfahren und Produkten der Nanotechnologie (Nanobiotechnologie) existieren.
– Die Ebene der Arten bzw. Populationen, indem bestimmte Verhaltensformen identifiziert werden, die bspw. auf Managementprozesse bezogen werden können.
– Auf der Ebene der Ökosysteme geht es letztlich um komplexe Interaktionen zwischen biotischen und abiotischen Elementen und nicht zuletzt auch um die Interaktion zwischen Arten bzw. Populationen sowie um die ko-evolutionäre Herausbildung von Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Spezies.

Auf allen diesen Ebenen lassen sich Vorbilder für die technische, aber auch für organisationale (Management-)Prozesse identifizieren. Offen ist jedoch bisher, inwieweit sich aus aktuellen und erwartbaren Entwicklungen in der Bionik für die Begründung des Naturschutzes und vor allem für die Lösung der Probleme des Umwelt- und Naturschutzes neue Möglichkeiten ableiten lassen. In dieser Hinsicht ist ergänzend zu den zuvor beschriebenen nutzenorientierten Argumenten auf den potenziellen Leitbildcharakter von bionischen Konzepten und Gestaltungsansätzen zu verweisen. Bezogen auf den im Rahmen der Studie vertieften Bereich der Wirtschafts- bzw. Managementbionik geht es im Wesentlichen darum, Wirtschaftssysteme im Sinne anthropozentrischer Stoffströme so zu gestalten, dass sie sich in natürliche Ökosysteme einpassen oder zumindest keinen (bzw.: einen geringeren) ökologischen Schaden anrichten. Bionik dient in diesem Zusammenhang als Leitbild für ein naturverträgliches Wirtschaften, das bspw. auch im Rahmen der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (BMU 2007, S.43) als konkrete Vision identifiziert wurde. In Anschluss daran liefern die Ergebnisse der Literaturstudie die folgenden Begründungen für einen möglichen Beitrag bionischer Ansätze und Prinzipien zu den Zielen des Naturschutzes:

– Vermittelt über eine naturverträglichere Technik (technische Innovationen) und eine nachhaltigere Struktur und Organisation des Wirtschaftens (prozedurale, strukturelle und organisationale Innovationen) nach dem Vorbild der Natur können bionische Ansätze einen wichtigen Beitrag leisten zum Umbau des Wirtschaftens in Richtung Nachhaltigkeit.
– Als besonders vielversprechend dürften sich dabei mit Blick auf Beiträge zur Organisation des Wirtschaftens (Wirtschaftsbionik) “systemische“ Ansätze in der Bionik erweisen (im Unterschied zur organismischen Ebene der Form-Funktions-Bionik) sowie die dritte Ebene des Lernens von der Natur: Das Lernen von den Erfolgsprinzipien der Evolution.
– Energetischer und stofflicher Opportunismus (die Konzentration auf regionale Ressourcen), Adaptivität, Resilienz, Fehlerkorrektur/Selbstheilung und Selbstorganisation dürften als Gestaltungsleitbilder ganz wesentlich zu einem Umbau des Wirtschaftens in Richtung Nachhaltigkeit beitragen. In diesem Zusammenhang kann durchaus auch an aktuellen Tendenzen in den Ingenieurwissenschaften in Richtung auf „smart materials“ und „smart systems“ angeknüpft werden.
– Je besser die Fähigkeiten von Ökosystemen auch unter turbulenten Rahmenbedingungen ihre Systemdienstleistungen aufrecht erhalten zu können verstanden werden (Stichwort Resilienz)

um so besser sind die Voraussetzungen für Hinweise auf die Gestaltung resilienter technischer, sozialer und ökonomischer Systeme. Da in diesem Zusammenhang Aspekte wie Vielfalt, Redundanz und Funktionsäquivalenz eine wichtige Roll spielen, eröffnet sich zudem eine weitere Begründung für den funktionalen Wert der „Vielfalt“[17].

– Der am Vorbild Natur orientierte Ansatz einer Industriellen Ökologie („Industrial Ecology“) verändert die Diskussionslage im Umwelt- und Naturschutz sowie der Ressourcenpolitik grundlegend. Über den Begriff der Tragekapazitäten existieren Ansätze zu einer quantitativen und qualitativen Bestimmung der Grenzen an Inputs an Rohstoffen aus der Ökosphäre in die Technosphäre und zur Bestimmung der quantitativen und qualitativen Grenzen des Outputs an Abfällen und Emissionen aus der Technosphäre in die Ökosphäre, mit Blick auf deren Assimilationskapazitäten (aktuelles Beispiel: das zwei Grad Erwärmungsziel im Klimaschutz).

– Das Projekt einer Einpassung der Stoff- und Energiekreisläufe der Industriesysteme in diejenigen der Ökosysteme verdeutlicht die unglaubliche Komplexität dieser Aufgabe und die Notwendigkeit eines „adaptiven Managements“ (vgl. Resilience Alliance).

– Schließlich stehen wir mit dem systematischen Ansatz eines Lernens von der belebten Natur erst am Anfang. Gleichzeitig sind wir dabei, diesen noch lange nicht erkannten – geschweige denn geborgenen – Schatz an strukturellen, prozeduralen systemischen Vorbildern in der Natur unwiederbringlich zu verlieren.

[17] Diese Aussage gilt auch dann noch, wenn man zu Recht konstatiert, dass der Zusammenhang zwischen „Stabilität“ und „Vielfalt“ wesentlich komplexer ist, als er in der allgemeinen Öffentlichkeit diskutiert wird. Wir werden weiter unten sehen, dass Resilienz auch nicht einfach mit „Stabilität“ gleichgesetzt werden darf.

6 Resümee und Ausblick

Die vorliegende Literaturstudie hat auf den Ebenen wissenschaftlicher Theoriebildung und der Ableitung problemorientierter Konzepte vielfältige Beziehungen zwischen den wissenschaftlichen Systembereichen Biologie und Wirtschaft aufgedeckt. Des Weiteren wurden viele praxisrelevante Anknüpfungspunkte und einige konkrete Anwendungsbereiche identifiziert. Das Spektrum der thematischen Bezüge bzw. des inhaltlichen Austauschs zwischen biologischen und wirtschaftsbezogenen Zusammenhängen lässt sich vor diesem Hintergrund wie folgt zusammenfassen:

Bezug	**Prinzip**	**Beispiele**
Theorieebene	Biologische und angrenzende Theorien mit Einfluss auf theoretische und praktische Konzepte in den Wirtschaftswissenschaften	Evolutionstheorie, Allgemeine Systemtheorie inkl. Kybernetik und Komplexitätstheorie, Ökosystemtheorie etc.
Konzeptebene	Theoretisch abgeleitete Konzepte, Gestaltungsleitbilder	Adaptivität, Selbstorganisation, Resilienz, Schwarmintelligenz, Ko-Evolution, Ökosystem etc.
Anwendungsebene	Anwendung der biologischen Theorie(fragmente), Konzepte und Gestaltungsleitbilder auf praxisrelevante Problemstellungen	Schwarmintelligente Logistiksimulationen, evolutionäre Algorithmen, Kooperationsbasierte Business-Ecosystems, Kreislaufwirtschaft etc.

Tabelle 4: Ebenen des Austauschs zwischen Biologie und Wirtschaftswissenschaften

An den in den Kapiteln 3.4 bis 3.6 beschriebenen Beispielen zeigt sich, dass biologische Theorien und Theoriefragmente in Form von Gestaltungsleitbildern und Konzepten in vielen Bereichen der Wirtschaftswissenschaften diskutiert werden und dabei als vielversprechende, innovative Ansätze verhandelt werden. Die Übertragung der Inhalte erfolgt dabei zumeist in Form von Analogien und Metaphern, was dazu führt, dass im Rahmen des bionischen Ableitungsprozess eine teilweise Entkopplung zwischen den Ursprüngen der biologischen Ansätze und deren wirtschaftsbezogenen Abwendung stattfindet. Die Literaturstudie verdeutlicht, dass die wirtschaftswissenschaftliche Diskussion biologischer Konzepte in den meisten Fällen ohne Bezugnahme auf deren theoretische Verwurzelung im Systembereich Biologie erfolgt. All jene Konzepte und Gestaltungsleitbilder, die im Rahmen dieser Arbeit als „Bionik im weiteren Sinn“ bezeichnet wurden, verweisen weder explizit auf ihre „biologische Herkunft“ noch auf einen bionischen Ableitungsprozess im Sinne des Lernens von der Natur.

Für die Belange des Naturschutzes stellt dieser Umstand ein Problem dar, da die implizite Diffusion der biologischen Konzepte den Wert und Nutzen der Natur gewissermaßen unterschlägt. Um das gegebene Potenzial der Übertragbarkeit biologischer Konzepte und Gestaltungsleitbilder auf Problemstellungen in der Wirtschaft zur Stärkung der Ziele des Naturschutzes nutzbar zu machen, bedarf es daher einer Popularisierung des bionisches Ansatzes des Lernens von der Natur. Dass die Zeit dafür reif ist, begründet sich vor allem durch die gesteigerte gesellschaftliche Notwendigkeit an Krisentoleranz, die Konzepte wie Resilienz, Ko-Evolution usw. in den Fokus der Aufmerksamkeit

rückt.[18] Aufbauend auf dieser Grundannahme werden nachfolgend einige Handlungsempfehlung entworfen.

6.1 Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen leiten sich aus den Ergebnissen der Literaturstudie zur Wirtschafts- bzw. Organisationsbionik ab.

Wesentliche Erkenntnisse sind dabei:

1. Zunahme der gesellschaftlichen und technischen Dynamiken

Die gesellschaftlichen Prozesse haben kontinuierlich an Komplexität zugenommen, sodass Gesellschaften, Unternehmen und Organisationen zunehmend mit dynamischeren Umwelten konfrontiert sind. Dies wird und wurde auch ausgelöst durch neue technische Möglichkeiten, wie bspw. den IuK Techniken. Damit werden gerade auch dezentralere Entscheidungsstrukturen möglich und erforderlich. Mit Blick auf die technische Entwicklung gilt, dass sich der Schnittbereich zwischen Technologie und Biologie vergrößert („technology is becoming biology“, Arthur 2010). Dies hat zugleich einen direkten Einfluss auf die organisationalen Strukturen. Für die gesellschaftlichen Akteure insbesondere die Unternehmen bedeutet dies, dass sie sich in dynamischen Wettbewerbsumwelten behaupten und dementsprechend neue Strategien und strategische Ansätze entwickeln müssen.

2. Hohe Gestaltungsanforderungen an die gesellschaftlichen Institutionen und Unternehmen insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen des Klimawandels und der der Qualität und Quantität der industriellen Stoffströme.

Nicht allein der Klimawandel macht eine umfassende Minderung der anthropogenen Stoffströme erforderlich, was weitreichende technische und organisatorische Veränderungen erforderlich macht. Die (Organisations-)Bionik kann dabei einen wichtigen Beitrag leisten. Der Naturschutz und genereller die biologischen Wissenschaften können für beide Herausforderungen wesentliche Orientierungen und Gestaltungsorientierungen liefern und damit einen entscheidenden Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung liefern.

Mit Blick auf Punkt 1 wird gerade auch aus dem Unternehmensumfeld (sowohl technisch als auch organisatorisch) die wachsende Rolle der Self-X Eigenschaften wie Selbstorganisation etc. hervorgehoben. Wichtige Konzepte sind dabei auch aus dem Naturschutz (z. Bsp. adaptives Management) bzw. der Biologie entlehnt, indem Ökosysteme oder Schwarmintelligenz gerade auch als Orientierungen für das Unternehmensmanagement dienen. Insofern erweisen sich Konzepte und Ansätze des „Lernens von der Natur“ als hochgradig anschlussfähig.

Mit Blick auf Punkt 2 werden Leitbilder und Gestaltungsvisionen wichtig, die Orientierungen für eine nachhaltige Entwicklungen geben können. Auch in diesem Bereich sind aus dem Naturschutz / der

[18] Siehe z.Bsp. die Ausführungen der „Zeit“ zur Finanzkrise: http://www.zeit.de/wirtschaft/2011-04/finanzkrise-biologie

Biologie entlehnte Ansätze gegenwärtig hochrelevant, indem Ansätze wie „cradle to cradle“, „industrial ecology“ oder auch Resilienz eine große Bedeutung in den aktuellen Diskussionen haben.

Damit wird deutlich, dass der Naturschutz (bzw. Konzepte aus dem Naturschutz/der Biologie) eine große Anschlussfähigkeit in Bezug auf allgemeine gesellschaftliche und unternehmerische Dynamiken hat. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass das „Lernen von der Natur“ einen Beitrag sowohl für eine gesellschaftliche Nachhaltigkeit als auch einen Beitrag für die Stärkung des Naturschutzes selbst leistet. Die Orientierung an den natürlichen Metabolismen kann zwar einen Beitrag zum Naturschutz leisten indem bspw. die antropogenen Stoffströme und Belastungen reduziert werden, die Nutzung von biologischen und naturschutzorientierten Ansätzen und Konzepten für die technische und organisatorische Entwicklung muss aber nicht zwangsläufig zu einer Stärkung des Naturschutzes beitragen. Folgende Strategien sind daher zu verfolgen:

Nutzung der Organisationsbionik zur Begründung des Naturschutzes

Organisationsbionik an sich stellt zwar noch keine neue Begründung für den Naturschutz dar, allerdings ist die zunehmende Relevanz der Bionik insgesamt (Technik- und Wirtschaftsbezug) im Stande, die Begründungen für den Naturschutz zu stärken.

Anknüpfungspunkte ergeben sich dabei sowohl im Kontext des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) als auch im Rahmen der Aktivitäten der TEEB Studie „Die Ökonomie von Ökosystemen und der Biodiversität". Bezogen auf die CBD Prozesse sind auch Unternehmen teilweise prominent eingebunden, sodass Bionik als ein wichtiges Teilelement dieser bereits laufenden Aktivitäten verstärkt herausgestellt werden kann. Dies gilt in ähnlicher Weise für die Anschlussvorhaben, die in der Folge der TEEB Studie angestoßen werden. So werden zunehmend Studien in Auftrag gegeben, die die Bewertung der Ökosystemleistungen vornehmen sollen. In dieser Hinsicht wäre es bspw. denkbar, die bionisch genutzten Vorbilder der Natur als Ökosystemleistung im TEEB-Sinn zu bewerten und die Bedeutung der Natur so zu unterstreichen. Des Weiteren erweitern die Erkenntnisse der TEEB-Studien über natürliche Strukturen und Prozesse auch das Verständnis der erbrachten Leistungen von Ökosystemen, wodurch wesentliches Wissen für die Organisationsbionik generiert werden kann.

Forschung fördern, Forschungsergebnisse zusammenführen sowie Erkenntnisse bzw. Analogien aufarbeiten

Die Forschung zum Naturschutz und zur Biodiversität von der molekularen bis zur systemaren Ebene bringt vielfach Ergebnisse hervor, die geeignet sind, auch Ableitungen für Technologien und Organisationsstrukturen zu ermöglichen. Entsprechende Ergebnisse sind allerdings vielfach nur sehr verstreut zugänglich. In jüngerer Zeit werden aus den naturwissenschaftlichen Forschungen selbst bereits Analogiebildungen für gesellschaftliche Problemfelder abgeleitet (vgl. das Beispiel „tipping point“). Die Sammlung und Aufbereitung entsprechender Forschungen und möglicher Übertragungen könnte im Rahmen einer kontinuierlich aktualisierten Homepage adressatengerecht realisiert werden.

Dazu sollten:

- die bionikrelevanten Informationen zum Naturschutz / der biologischen Forschungen zusammengeführt werden
- bereits vorhandene Analogien bzw. Übertragungen genutzt werden
- Anreize gesetzt werden, um Analogiebildungen für unterschiedliche Entscheidungssituationen zu initiieren
- Beispiele für unterschiedliche Adressatengruppen aufgearbeitet werden.

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

Das „Lernen von der Natur“ im Sinne der technisch ausgerichteten Bionik hat bereits deutlich gemacht, welche Faszination von den Problemlösungen der Natur ausgeht. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die technischen Entwicklungen nun immer besser in der Lage sind, die natürlichen Strukturen und Prozesse auf technische Systeme zu übertragen. Dies wird dabei zunehmend wichtiger für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Diese Faszination lässt sich ebenfalls für die Kommunikation der Organisationsbionik nutzbar machen, wenn die entsprechenden Beispiele bildungsgerecht aufgearbeitet werden.

Sinnvoll ist die kommunikationsorientierte Aufbereitung organisationsbionischer Beispiele, die aufzeigt, wie Interaktionen in der Natur ablaufen und welche Übertragungen auf den betrieblichen und gesellschaftlichen Alltag möglich sind.

Dazu sollten:

- Jugendveranstaltungen durchgeführt werden bzw. bei unterschiedlichen Jugendorganisationen angedockt werden
- entsprechendes Lehrmaterialien entwickelt werden
- Internet- oder PC gestützte Spiele zum Naturschutz und dem Management von Ökosystemen bereitgestellt werden (vgl. das Vorbild Vester)

Fokus auf Unternehmen und Organisationen

Die Relevanz des „Lernens von der Natur“ und die Umsetzung in marktfähige Produkte haben sich mit dem Nachweis der marktlichen Relevanz des Lotuseffektes deutlich gesteigert. Insofern bestehen Andockmöglichkeiten für weitere bionische Ansätze und Orientierungen. Mit Bezug auf die Organsiationsbionik bietet es sich an, dass die Ansätze, wie sie im Bereich der Unternehmens- und Organisationsliteratur bereits genutzt werden (Beispiele sind Unternehmensökosysteme oder Schwarmverhalten) aktiv mit Bezug zum Naturschutz / der Biologie kommuniziert werden. Die Anschlussfähigkeit der Begriffe ermöglicht auch die Verbindung zu den konkreten Problemfeldern wie den Kooperationsstrategien der Unternehmen.

Wesentlich ist des Weiteren die Darstellung, dass eine Reihe von fast schon geläufigen Konzepten wie bspw. „cradle to cradle“ oder „life cycle“ auch der Bionik zuzurechnen und in der Praxis relevant sind (vielfach wird der Zusammenhang gar nicht hergestellt).

In aktuellen Analysen spielen naturschutzrelevante Konzepte eine zunehmend wichtige Rolle, indem bspw. Konzepte wie „tipping points“ oder auch Netzwerke („food webs“) im Kontext von Systembetrachtungen auf gesellschaftliche Prozesse übertragen werden.

Dazu sollte:

– eine Zusammenführung der bereits bestehenden bionischen Ansätze erfolgen (Begriffe aus dem Bereich Naturschutz/Biologie, die in andere gesellschaftliche Kontexte übertragen wurden)
– der Naturschutz sich in die jeweils aktuellen Diskurse einbringen (beispielhaft: Resilienz, tipping points), um die Verbindung zum Naturschutz zu verdeutlichen und aufrecht zu erhalten
– typisierende Beispiele des „Lernens von der Natur“ sowie des Prozesses des Lernens aufgearbeitet werden (am Beispiel von Nachhaltigkeitsinnovationen)

Leitbilder für gesellschaftliche Transformationen

Die aktuellen Diskurse um eine nachhaltige Entwicklung vor dem Hintergrund der Handlungserfordernisse des Klimawandels bedürfen neuer Leitbilder für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung. Der Naturschutz kann eine wichtige Rolle im Rahmen dieser Diskurse spielen und spielt sie bereits, wie an der Begrifflichkeit „Resilienz“ deutlich wird, der nicht allein im Kontext des Diskurses „Anpassung an den Klimawandel“ eine wichtige Rolle spielt. Insofern sollte es im Rahmen des Diskurses der Fokus nicht allein auf die Integration des Naturschutzes in entsprechende Transformationsstrategien gehen, vielmehr sollten auch Gestaltungsansätze aus dem Naturschutz im Sinne der Organisationbionik vorangetrieben und entwickelt werden.

Dazu sollten:

– Gestaltungsleitbilder für gesellschaftliche Transformationen unter Berücksichtigung des Naturschutzes und lernend aus den Erfahrungen des Naturschutzes entwickelt werden;
– der Naturschutz sollte, neben der stofflichen Ebene, die organisatorische bzw. strukturelle Ebene in den Vordergrund heben (bspw. food web);
– ein Wettbewerb um die Entwicklung entsprechende Leitbilder einerseits und andererseits die Umsetzung entsprechender Leitbilder ausgelobt werden (Vorbild: Klimaneutrale Regionen).

Suchprozesse konkret unterstützen

Die Biosphärenreservate spielen im Rahmen des Naturschutzes eine bedeutsame Rolle. Ein wichtiges Element der Biosphärenreservate ist es, dass sie Modellregionen für nachhaltiges Wirtschaften darstellen sollen bzw. in diese Richtung entwickelt werden (Qualitätsökonomie). Der Anspruch ist hoch gesetzt, jedoch gerade vor dem Hintergrund multipler gesellschaftlicher Krisen sind entsprechende Ansätze wichtig. Erforderlich ist es, dass diese stark naturschutzorientierten Ansätze einerseits unterstützt werden und andererseits mit weiteren Modellansätzen (bspw. klimaneutrale Städte) in Verbindung gebracht werden, um damit neue Formen der Interaktion Mensch/Natur zu erproben. Dies bezieht sich dabei auch auf den industriellen Metabolismus, also die Stoffströme.

Dazu sollten:

- in den Biosphärenreservaten entsprechende wirtschaftsorientierte Entwicklungskonzepte vorangebracht werden, die auf Innovationen unter Restriktionen bzw. veränderten Entwicklungsleitbildern setzen;
- in den Städten insbesondere auch organisationsbionische Konzepte bei der Verfolgung der Klimastrategien mit berücksichtigt werden.

7 Literaturverzeichnis

Albritton, M.D. & McMullen, P.R., 2007. Optimal product design using a colony of virtual ants. *European journal of operational research*, 176(1), S.498–520.

Albritton, M.D. & McMullen, P.R., 2007. Optimal product design using a colony of virtual ants. *European Journal of Operational Research*, 176(1), S.498-520.

Aldrich, H.E. & Ruef, M., 2006. Organizations evolving, *Sage*.

Alisch, K., Winter, E. & Arentzen, U., 2005. Gabler Wirtschaftslexikon. *16. Aufl. Gabler, Wiesbaden*.

Anderson, P., 1999. Complexity theory and organization science. *organization Science*, S.216–232.

Arthur, W.B., 2009. *The nature of technology: What it is and how it evolves*, Free Pr.

Arthur, W.B., 1989. Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. *The Economic Journal*, 99(394), S.116-131.

Ayres, R.U., 1989. Industrial metabolism. *Technology and environment*, S.23–49, National Academy Press.

Baardwijk, N. & Reinmoeller, P., 2005. The link between diversity and resilience. *MIT Sloan management review*, 46(4), S.61–65.

Barnett, W.P. & Hansen, M.T., 1996. The red queen in organizational evolution. *Strategic Management Journal*, 17(S1), S.139–157.

Beer, S., 1959. *Cybernetics and management*, Wiley.

Beni, G. & Wang, J., 1989. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems. In: *Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems*, Tuscany, Italy June 26-30.

Bennett, E.M., Peterson, G.D. & Levitt, E.A., 2005. Looking to the Future of Ecosystem Services. *Ecosystems*, 8(2), S.125-132.

Benyus, J.M., 1998. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Perennial (HarperCollins).

Berkes, F., Colding, J. & Folke, C., 2003. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*, Cambridge University Press.

Blüchel, K.G. & Sieger, H., 2009. *Krisenmanagerin Natur - Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können* 1. Aufl., DWC Medien.

Bogatyreva, O., 2002. Management in ant colonies - Natural analogue of the resolution of social contradictions using TRIZ tools. *ETRIA Conference Proceedings*, Strasbourg, Nov 6-9.

Bonabeau, E. & Meyer, C., 2001. Swarm intelligence: A whole new way to think about business. *Harvard Business Review*, 79(5), S.106–115.

Börner, C.J., 2000. *Strategisches Bankmanagement*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Braun, K., 2007. Von Leonardo da Vinci zu George de Mestral. *Ökologisches Wirtschaften, Nr. 3 / 2007*. Available at: http://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/viewArticle/526 [Zugegriffen Oktober 11, 2010].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2007. Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Available at: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/biolog_vielfalt_strategie_nov07.pdf

Camazine, S. u. a., 2003. *Self-organization in biological systems*, Princeton University Press.

Campbell, N.A. u. a., 2008. *Biology: Concepts and Connections with mybiology"* 6. Aufl., Benjamin Cummings.

Daily, G.C., 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Island Press.

Darwin, C., 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life, *D. Appleton*.

David, P.A., 1986. Understanding the economics of QWERTY: The necessity of history. In: *Economic history and the modern economist*, S. 30-49, Basil Blackwell.

DeSanctis, G. & Poole, M.S., 1994. Capturing the complexity in advanced technology use: Adaptive structuration theory. *Organization science*, 5(2), S.121–147.

Dosi, G. & Nelson, R.R., 1994. An introduction to evolutionary theories in economics. *Journal of evolutionary economics*, 4(3), S.153–172.

Dosi, G. & Soete, L., 1983. Technology gaps and cost-based adjustment: some explorations of the determinants of international competitiveness. *Metroeconomica*, 35(3), S.197–222.

Ehrenfeld, J. & Gertler, N., 1997. Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), S.67–79.

Eigen, M. & Schuster, P., 1977. A principle of natural self-organization. *Naturwissenschaften*, 64(11), S.541-565.

Fröhlich-Gildhoff, K. & Rönnau-Böse, M., 2009. Resilienz*. UTB Profile* 1. Aufl., UTB, Stuttgart.

Garner, A. & Keoleian, G.A., 1995. Industrial ecology: an introduction. *Ann Arbor, Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan*.

Garnier, S., Gautrais, J. & Theraulaz, G., 2007a. The biological principles of swarm intelligence. *Swarm Intelligence*, 1(1), S.3-31.

Garud, R. & Kotha, S., 1994. Using the brain as a metaphor to model flexible production systems. *The Academy of Management Review*, 19(4), S.671–698.

Glansdorff, P., Prigogine, I. & Hill, R.N., 1973. Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. *American Journal of Physics*, 41, S.147.

Gleich, A.v., Pade, C., Petschow, U., Pissarskoi, E.., 2007. *Bionik - aktuelle Trends und zukünftige Potenziale*, Endbericht des Forschungsprojektes "Potenziale und Trends der Bionik".

Gleich, A.v., Pade, C., Petschow, U., Pissarskoi, E., 2007. Potentials and Trends in Biomimetics, Springer.

Gleich, A.v., 2006. Bionik: Vorbild Natur. *Ökologisches Wirtschaften, Nr. 1/2006*. Available at: http://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/viewArticle/435 [Zugegriffen Oktober 11, 2010].

Gleich, A.v. & Gößling-Reisemann, S., 2008. *Industrial Ecology: Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen*, Vieweg +Teubner.

Gloor, P. & Cooper, S., 2007. The new principles of a swarm business. *MIT Sloan Management Review*, 48(3), S.81.

Hamel, G. & Valikangas, L., 2003. The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 81(9), S.52–65.

Hannan, M.T. & Freeman, J., 1984. Structural inertia and organizational change. *American sociological review*, 49(2), S.149–164.

Hannan, M.T. & Freeman, J., 1977. The population ecology of organizations. *American journal of sociology*, 82(5), S.929–964.

Happich, G., 2008. Wirtschaftsbionik: Die Natur zum Vorbild nehmen. *Lernende Organisation LO - Zeitschrift für systemisches Management*, 43, S.40-47.

Helfat, C.E. & Raubitschek, R.S., 2003. Product sequencing: Co-evolution of knowledge, capabilities, and products. *The SMS Blackwell Handbook of Organizational Capabilities: Emergence, Development, and Change*, S.193–217.

Hodgson, G.M., 1995. The evolution of evolutionary economics. *Scottish Journal of Political Economy*, 42(4), S.469–488.

Hodgson, G.M., 2004. *The evolution of institutional economics: Agency, structure, and Darwinism in American institutionalism*, Routledge.

Hoffman, A.J., 1999. Institutional evolution and change: Environmentalism and the US chemical industry. *Academy of Management Journal*, 42(4), S.351–371.

Holland, J.H. & Miller, J.H., 1991. Artificial adaptive agents in economic theory. *The American Economic Review*, 81(2), S.365–370.

Hughes, T.P. u. a., 1987. The evolution of large technological systems. *The political economy of science, technology, and innovation*, S.51–82.

Iansiti, M. & Levien, R., 2004. Strategy as ecology. *Harvard Business Review*, 82(3), S.68–81.

International Society for Industrial Ecology, 2010. Available at: http://www.is4ie.org/about.

IÖW, Universität Hannover, Freie Universität Berlin, Kanzlei Dr. Erben, 2010. Selbstorganisierende adaptive Systeme - Analyse der Chancen und Risiken sowie der Gestaltungsansätze neuer IKT Ansätze. Studie im Auftrag des BMBF.

Kallis, G., 2007. When is it coevolution? *Ecological Economics*, 62(1), S.1-6.

Kappelhoff, P., 2000. Komplexitätstheorie und Steuerung von Netzwerken. In: Sydow, J. & Windeler A. (Hrsg.), *Steuerung von Netzwerken. Opladen: Westdeutscher Verlag*, S.347–389.

Kauffman, S.A., 1993. *The origins of order: Self organization and selection in evolution*, Oxford University Press, USA.

Kelso, J.A.S., 1995. *Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior*, MIT Press.

Key Technologies Expert Group, 2005. System Disruption. Towards a Research Strategy Beyond Lisbon.

Koza, M.P. & Lewin, A.Y., 1998. The co-evolution of strategic alliances. *Organization Science*, S.255–264.

Kramer, O., 2009. Schwarmintelligenz. *Informatik im Fokus - Computaional Intelligence*, S.41-58.

Levin, S.A., 1998. Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems. *Ecosystems*, 1(5), S.431-436.

Levinthal, D.A., 1997. Adaptation on rugged landscapes. *Management science*, S.934–950.

Levinthal, D.A. & March, J.G., 1993. The Myopia of Learning. *Strategic Management Journal*, 14, S.95–112.

Levitt, B. & March, J., 1988. Organizational Learning. *Annual Review of Sociology*, 14, S.319-340.

Lewin, A.Y. & Volberda, H.W., 1999. Prolegomena on coevolution: A framework for research on strategy and new organizational forms. *Organization Science*, S.519–534.

Lichtenstein, B.B., 2000. Self-organized transitions: A pattern amid the chaos of transformative change. *The Academy of Management Executive (1993-2005)*, S.128–141.

Luhmann, N., 2006. *Organisation und Entscheidung*, VS Verlag.

Malik Management Zentrum St. Gallen, 2010. Available at: http://www.malik-mzsg.ch/unser-wissenschaftlicher-ansatz.

Malik, F., 2006. Management à la nature. *Kolumna Manager Magazin*. Available at: http://www.manager-magazin.de/unternehmen/karriere/0,2828,416539,00.html.

McDonough, W. & Braungart, M., 2002. *Cradle to cradle*, New York: North Point Press.

McKelvey, B., 1997. Quasi-natural organization science. *Organization Science*, S.352–380.

Miller, D., 1992. Environmental fit versus internal fit. *Organization Science*, 3(2), S.159–178.

Moore, J.F., 1993. Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard business review*, 71, S.75–75.

Moore, J.F., 1996. *The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems*, HarperBusiness, New York.

Moore, J.F., 2006. Business Ecosystems and the View From the Firm. *Antitrust Bulletin*, 51, S.31.

Morel, B. & Ramanujam, R., 1999. Through the looking glass of complexity: The dynamics of organizations as adaptive and evolving systems. *Organization Science*, S.278–293.

Nachtigall, W., 2002. *Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*, Springer.

Nachtigall, W., 2009. Biostrategie - Ein Weg zur Krisenvermeidung? In *Kurt G. Blüchel, Helge Sieger: Krisenmanagerin Natur. Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können*. S. 189-235.

Nelson, R.R., 1994. The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3(1), S.47 -63.

Neumann, D., 1993. *Technologieanalyse Bionik - Analysen + Bewertungen zukünftiger Technologien*, Düsseldorf: VDI Technologiezentrum, Physikalische Technologien.

Nöllke, M., 2006. Managementschule Natur. In *Fredmund Malik, Kurt G. Blüchel: Faszination Bionik – Die Intelligenz der Schöpfung*. S. 244–255.

Norgaard, R.B., 1994. *Development betrayed: the end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*, Routledge.

Odum, E.P. & Barrett, G.W., 1971. Fundamentals of ecology. Thomson Brooks/Cole.

Oeller, K. & Nienhoff, M., 2009. Kapieren statt kopieren. *TÜV SÜD Journal*, 3/2009, S.26-30.

Oertel, D. & Grunwald, A., 2006. Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik. Vorstudie. Arbeitsbericht Nr. 108, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

Otto, K., 2009. Strategisches Evolutionsmanagement in stürmischen Zeiten. In *Kurt G. Blüchel, Helge Sieger: Krisenmanagerin Natur. Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können*. S. 156-173.

Otto, K., Nolting, U. & Bässler, C., 2006. *Evolutionsmanagement: Von der Natur lernen: Unternehmen entwickeln und langfristig steuern* 1. Aufl., Hanser Wirtschaft.

Otto, K. & Ondarza, M.V., 2009. *Darwin meets business: Ein neues Wirtschaften - von der Natur lernen. Das Buch zur Ausstellung.*, Dr. Otto Training & Consulting.

Otto, K. & Speck, T., 2010. *Darwin meets Business: Evolutionäre und bionische Lösungen für die Wirtschaft* 1. Aufl., Gabler.

Pade, C.& Petschow, U., 2007. Bionik - Vorbild Natur, *Ökologisches Wirtschaften, Nr. 3 / 2007*. Available at: http://oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/viewArticle/525 [Zugegriffen Januar 16, 2012].

Perrings, C., 1998. Resilience in the dynamics of economy-environment systems. *Environmental and Resource Economics*, 11(3), S.503–520.

Petschow, U. & Pissarskoi, E., 2010. Wie wollen wir in Zukunft leben? *Ökologisches Wirtschaften, Nr. 2 / 2010*. Available at: http://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/viewArticle/695 [Zugegriffen Oktober 11, 2010].

Petschow, U.; Haum, R.; A. v. Gleich; O. Levina, 2005. Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, Themenfeld 2: Die Nähe zur Natur als Chance und als Risiko. Studie für das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag.

Pfiffner, M., 2006. Alles Leben ist Problemlösen. In *Fredmund Malik, Kurt G. Blüchel: Faszination Bionik - Die Intelligenz der Schöpfung*. S. 92-95.

Pimm, S.L., 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307(5949), S.321–326.

Plummer, R. & Armitage, D., 2007. A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: Linking ecology, economics and society in a complex world. *Ecological Economics*, 61(1), S.62–74.

Priami. C., 2005. Complexity and Systemics. Priami, C. (2005) Complexity and Systemics, European Commission, Key Technologies for Europe, 31 pages. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/kte_complexities.pdf.

Probst, G.J., 1987. *Selbstorganisation*, Parey.

Rechenberg, I., 1994. Evolution strategy. *Computational Intelligence: Imitating Life*, S.147–159.

Richardson, P., 2010. Symbiosis: natural partnering. Available at: http://www.thoughtcrew.net/index.php/2010/11/24/symbiosis-natural-partnering/.

Rohrbeck, R., H\ölzle, K. & Gem\ünden, H.G., 2009. Opening up for competitive advantage–How Deutsche Telekom creates an open innovation ecosystem. *R&D Management*, 39(4), S.420–430.

Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2002. Sondergutachten - Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Available at: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2002_SG_Naturschutz.html [Zugegriffen Oktober 11, 2010].

Scheffer, M., 2009. *Critical transitions in nature and society*, Princeton Univ Pr.

Schramm, E., 2005. Genese und „Verschwinden“ der Kybernetik. Ein Literaturbericht. ISOE-Diskussionspapiere Nr. 23, Frankfurt am Main, 49 Seiten.

Sedlacek, K., 2010. *Emergenz: Strukturen der Selbstorganisation in Natur und Technik*, BoD – Books on Demand.

Shrivastava, P., 1995. Ecocentric management for a risk society. *The Academy of Management Review*, 20(1), S.118–137.

Stacey, R.D., 1995. The science of complexity: An alternative perspective for strategic change processes. *Strategic management journal*, 16(6), S.477–495.

Steinfeld, M. u. a., 2007. *Nanotechnologies, Hazards, and Resource Efficiency a Three-Tiered Approach to Assessing the Implications of Nanotechnology and Influencing Its Development*, Springer.

Thompson, J.N., 1994. *The coevolutionary process*, University of Chicago Press.

Weick, K.E., 1993. The collapse of sensemaking in organizations: The Mann Gulch disaster. *Administrative science quarterly*, 38(4).

WWF, 1993. *Bionics - Nature as a Model*, Pro Futura.

8 Anhang

8.1 Akteure (deutschsprachiger Raum)

Formelle Suchaspekte und Klassifizierung:

- Unter Akteure werden diejenigen Personen benannt, die bei der Suche nach den Begriffen Wirtschaftsbionik und Managementbionik in Google oder Google scholar auftauchen. Sie haben z. B. ein Buch oder einen Artikel geschrieben, werden in einem Artikel erwähnt oder tauchen mit ihrem Unternehmen, ihrem Projekt, einer Veranstaltung, etc. in einem der Einträge auf.
- Bei der Auflistung der relevanten Akteure, den Kritikern, die für das Wissenschaftsfeld eine Rolle spielen, wird nicht nach der Schreibweise der Suchbegriffe und auch nicht nach den beiden Begriffen Wirtschafts- bzw. Managementbionik selbst unterschieden.
- Die o. g. Akteure sind in Förderer, Netzwerke/Verbände, Stiftungen, Universitäten, Unternehmen und Unternehmensberater zu gliedern. Die unter dem Titel Akteure folgende Aufstellung klassifiziert sie nach diesem Schema.
- Schnittstellen mit anderen Wissenschaftsbereichen sind durch Unterlegung in den Beschreibungen der entsprechenden Akteure gekennzeichnet.
- Unter 7. werden Akteure aufgelistet, die als Referenten zu Veranstaltungen zum Thema Wirtschafts-/Managementbionik eingeladen wurden, aber aus nur angrenzenden Wissenschaftsbereichen stammen. Sie tauchen nicht unter den Suchbegriffen zu Wirtschafts- bzw. Managementbionik auf, aber referieren auf Tagungen, Kongressen oder Seminaren des Bereichs.

1. Förderer

- **BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung**

Im Rahmen des Förderkonzepts „Bionik: Innovationen aus der Natur“ ist das BMBF seit 2005 in unterschiedlicher Weise aktiv geworden; die Maßnahme ist Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung und gehört zum Programm „FONA - Forschung für Nachhaltigkeit“. Ziel ist es ein europäisches Transfernetzwerk für (ursprünglich nur technische) Bionik aufzubauen sowie die Bionik als Element von Nachhaltigkeit zu etablieren, auch soll Interesse an der Bionik geweckt und der Nachwuchs gefördert werden:

- Gründung des Bionik-Kompetenznetzes BIOKON
- Ideenwettbewerb „Bionik - Innovationen aus der Natur“ zur Förderung von FuE-Projekten mit bionischen Ansätzen
- Initiative „BIONA - Bionische Innovationen für nachhaltige Produkte und Technologien“: die Initiative wird von BIOKON bearbeitet - geförderte Projekte sind zum Beispiel BIONOS (s. Aktivitäten) und die Bionik Didaktik-Initiative oder Bionik und Bildung, welche an didaktischen und Bildungsmöglichkeiten arbeiten um Bionik verständlich und bekannt zu machen, diese weichen vom Ansatz der reinen technischen Bionik ab, sind aber auf der anderen Seite auch nicht in der Wirtschaftsbionik zu verorten. www.bionische-innovationen.de
  - BIONA-Begleitvorhaben „Vernetzung, Transfer und Nachhaltigkeit“: es geht um die Verbreitung von Bionik in Wissenschaft und Gesellschaft, die verschiedenen Subbereiche wie „Ver-

netzung und Informationsaustausch“ oder „europäische Bioniknetzwerke“ werden jeweils von BIOKON bzw. von Fraunhofer UMSICHT bearbeitet
www.bmbf.de/pub/innovationen_aus_der_natur_bionik.pdf

- **DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt - Dr.-Ing. E.h. Fritz Brickwedde**

Private Stiftung, die sich in einigen Teilbereichen mit der Thematik Bionik beschäftigt (Vergabe des Deutschen Umweltpreises, Vergabe von Austausch- und Promotionsstipendien für umweltwissenschaftliche sowie verwandte Fragestellungen etc.) Ein spezieller Stipendienschwerpunkt war die technische Bionik und Biomimetik unter der Leitung von Dr. Thomas Speck sowie der Schwerpunkt „anwendungsbezogene biologische Grundlagenforschung“ - exakte Angaben zu diesen Themen gibt es noch nicht, da die Stipendien noch laufen - außerdem gibt es das ZUK Zentrum für Umweltkommunikation des DBU: Mitarbeiter sind unter anderem Dr. Rainer Erb und Dr. Fritz Brickwedde

www.dbu.de (DBU)

www.dbu.de/336.html (ZUK)

2. Netzwerke/Verbände

- **bionic engineering network (BEN) - Professor Dr. Hans-Joachim Weber**

Innovationscluster der saarländischen Landesregierung - Transfer bionischer Forschungsergebnisse in Produkte - Netzwerk verschiedener Hochschulen, Wirtschaftsunternehmen, Stiftungen und Einzelpersonen - 2008 gegründet

www.b-e-n.eu

- **BIOKON - Bionik-Kompetenznetz e. V. und BIOKON International - Dr. Rainer Erb, Dr. Antonia Kesel, Dr. Thomas Speck**

Gemeinnützige Einrichtung, die Eigenschaften der Natur für Wissenschaft, Technik und Wirtschaft nützlich machen will. Beratung von Unternehmen, die Bionik in Projekten nutzen wollen und Kontaktherstellung mit Wissenschaftlern, Mitglied des KN Biomimetik und Kooperation mit dem VDI, BIOKON hat eine Arbeitsgruppe „Evolution und Wirtschaft“ gegründet, die von **Dr. Klaus-Stephan Otto** und **Silke Kraus** (Fa. FutureVision) geleitet wird, genauere inhaltliche Informationen zu der „thematischen Fachgruppe“ gibt es noch nicht, auch sind für sie noch keine Projekte gelistet, BIOKON und BIOKON International sind das treibende und umfassendste Netzwerk im Bereich der Bionik

www.biokon.net

- **GTBB Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik - Prof. Dr. Nachtigall, Prof. Dr. Antonia Kesel**

Gemeinnützig, 1990 gegründet. Jährlich abwechselnd veranstaltet die GTBB Bionik-Kongresse und Workshops zu Themen aus dem Bereich technische Bionik.

- **Kompetenznetz (KN) Biomimetik - Dr. Olga Speck, Dr. Thomas Speck**

vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördertes regionales Netzwerk, das 2002 von den Universitäten Freiburg und Tübingen sowie dem Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf gegründet wurde - 2006 wurde die Evolutionary Biomaterials Group des Max-Planck-Instituts für Metallforschung Stuttgart und das Karlsruhe Institute of Technology ins Netwerk integriert - 2009 tritt dann Staatliche Museum für Naturkunde Stuttgart bei - vor allem Bionik im ursprünglichen Sinne der Übertragung auf die Technik

www.kompetenznetz-biomimetik.de

- **VDI - Verband Deutscher Ingenieure e. V. - Dr.-Ing. Willi Fuchs, Dr. Heike Beismann**

Kooperation mit DBU und ZUK - Herausgeber der vdi Nachrichten - Fachbereich Bionik: Anwendung der Natur auf die Technik - Mitglieder des Fachbereichs sind unter anderem: Dr. Rainer Erb (BIOKON, Zentrum für Umweltkommunikation des DBU), Markus Fischer (Festo AG & Co. KG), Dr. Olga Speck (KN Biomimetik) und Dr. Thomas Speck (KN Biomimetik, Plant Biomechanics Group Uni Freiburg, BIOKON) sowie andere Mitarbeiter wissenschaftlicher Einrichtungen bzw. Unternehmen aus den Bereichen Technik, Automobil und Architektur – die Herausgabe einer Fachzeitschrift für Bionik ist ab 2010 geplant

www.vdi.de/bionik

3. Stiftungen

- **IBZ Internationales Bionik Zentrum - Stiftung für Bionik - Dr. Karl-Heinz Oeller, Dr. Fredmund Malik**

gemeinnützige Stiftung; aktiv in den Bereichen Wissenschaft und Forschung sowie im Management und im Bildungssektor

www.bionikzentrum.de

4. Universitäten

- **B-I-C Bremen Bionik-Innovations-Centrum der Hochschule Bremen - Dr. Antonia Kesel**

Angebot des Int. Studienganges Bionik - technisch orientierte Bionik, Mitorganisator vielfältiger Veranstaltungen, Mitarbeit beim wirtschaftsbionisch orientierten BIONA-Projekt BIONOS

www.bionik.hs-bremen.de

- **TU Hamburg Harburg - Dr. Heike Fläming, Dipl. Biol., Dipl. Kfm. Peer Seipold**

Das Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg ist Partner des Projekts „BIONOS - Bionic for optimizing supply chains - Verbesserte Steuerung von Wertschöpfungsketten durch Bionik“. Peer Seipold leitet außerdem das Projekt LOTOS Logistics towards sustainability (11/2006 bis 11/2008)

- **Plant Biomechanics Group Uni Freiburg - Botanischer Garten der Universität Freiburg - Dr. Thomas Speck**

Veranstaltungen und Forschung vor allem im Bereich technischer Bionik, aber teilweise auch Wirtschaftsbionik

www.bgbm.org

5. Unternehmen

Die folgenden Unternehmen sind Kunden der unter dem nächsten Punkt aufgelisteten Unternehmensberater. Sie werden entweder in den Publikationen oder auf den Internetseiten dieser Unternehmensberater benannt. Die gelisteten Unternehmen stellen eine Auswahl jener Kunden dar, die besonders häufig als Kunden erwähnt werden bzw. große und einflussreiche deutsche sowie internationale Unternehmen mit deutscher Zweigstelle sind.

Durch ihre Internetauftritte wird zwar keine direkte Verbindung zur Wirtschafts-/Managementbionik deutlich, aber möglicherweise ist weiterreichendes Interesse für die Thematik vorhanden. Sie könnten also möglicherweise als Orientierung hinsichtlich des Fortschritts und der Bekanntheit der Wirtschafts-/Managementbionik im deutschsprachigen Raum dienen. Allerdings kann es genauso gut sein, dass sie einzig an den Diensten der genannten Unternehmensberater interessiert waren und darüber hinaus keinerlei Interesse an der Einbindung von Beispielen aus der Natur in ihre Unternehmensstrategie besteht.

Außerdem gibt es in Deutschland natürlich mehrere Unternehmen, die bei Design und Herstellung ihrer Produkte technische Bionik einsetzen, so z.B. die Henkel AG oder die Festo AG & Co. KG. Allerdings sind sie kein Beispiel für wirtschaftsbionische Strukturen bzw. werden entsprechende Strukturen nicht erwähnt.

Accenture	SAP	Allianz
Bayer Healthcare	BMW	BVF Finanzberatung
Daimler	DEKRA	Deutsche Bahn
Deutsche Post	Deutsche Telekom/T-Mobile	Döhler Group
dpa	envia Mitteldeutsche Energie AG	Ernst & Young
Henkel	ZDF	IBM

6. Unternehmensberater

- **Double YUU.com - Dr. Willms Buhse**

Willms Buhse hat außerdem einen Lehrauftrag an der Hamburg School of Business Management - er hat das Konzept Enterprise 2.0 weiterentwickelt (Social-Software-Plattformen innerhalb des Unternehmens beziehungsweise zwischen dem Unternehmen und seinen Partnern und Kunden, die die unternehmensweite Kommunikation möglich machen und helfen Hierarchien verschwinden zu lassen). Seine Idee des Unternehmensmanagement basiert auf unternehmensübergreifender kollektiver Intelligenz, abgeleitet von der Theorie der Schwarmintelligenz

www.DoubleYUU.com

- **Dr. Otto Training & Consulting - Dr. Klaus-Stephan Otto**

Klaus Stephan-Otto ist Diplom-Psychologe - Dr. Otto Training & Consulting wurde bereits 1982 gegründet und ist somit eines der ältesten Beratungsunternehmen für Organisationsentwicklung, Seminare und Training im Bereich der Wirtschaftsbionik, das neben anderen Schwerpunkten auf der **Evolutionsökonomik** und dem -management beruht - Dr. Klaus-Stephan Otto ist dementsprechend ein prägender Unternehmensberater und außerdem Autor für die Entwicklung der Wirtschafts-/Managementbionik

www.dr-otto.de

- **Galileo Institut für Human Excellence - Gudrun Happich**

Coaching-Unternehmen - Gudrun Happich ist Diplom-Biologin und zertifizierter Coach - der Leitsatz ihrer Unternehmensberatung ist „von der Natur lernen“ - die Instrumente sind im Grunde genommen identisch mit denen anderer Coaching-Unternehmen, aber mit dem von ihr entwickelten System bioSystemik®, verspricht Gudrun Happich Probleme und Lösungen des Führungsalltags anschaulicher zu vermitteln - Gudrun Happich ist auf das Coaching von Führungskräften spezialisiert

www.galileo-institut.de

- **Malik Management Zentrum St. Gallen AG (MZSG) - Dr. Fredmund Malik, Dr. Karl-Heinz Oeller, Dr. Martin Pfiffner, Dr. Jörg Sauer**

Fredmunds Malik beschäftigt sich vor allem mit der **Management-Kybernetik**, die er als Schwesterdisziplin der Managementbionik versteht - die beiden Begrifflichkeiten überlappen sich insofern, dass der kybernetische Ansatz analog dem Vorbild des Gehirns und des Zentralnervensystems ein Vorbild für die Steuerung in komplexen Situationen bietet.

Aktivitäten des MSZG:

– Angebot von Seminaren: Anwendung der verschiedenen von Malik entwickelten Managementinstrumente (allgemein und Kybernetik-Ansatz) in Seminaren für Führungskräfte und Experten aller Fachrichtungen, in der Schweiz, Österreich, China, Deutschland und Italien

www.malik-mzsg.ch

- **Projekt Bionik im Business (BIB) - Dr. Monika Labes**

Über die Kontaktstelle für Forschungs- und Technologietransfer (KFT) wissenschaftlich an die LMU München gebunden - es geht vor allem um ein Service-Angebot an Unternehmen das Erforschte anzuwenden - das Projekt BIB bezeichnet sich als Forschungsprojekt im Bereich der Wirtschaftsbionik, aber bietet vor allem auch Dienstleistungen verschiedener Art: Kontakte mit Unternehmen für Wissenschaftler und andersherum - wissenschaftliche Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte - das BIB hatte zum Ziel einen Kongress für Wirtschaft und Forschung auszurichten, der Querdenker-Tag: Jahr 2009 - Konzeption einer Weiterbildungseinheit

www.lmu-pd.de/wirtschaftsbionik

- **Think Beyond - Kompetenzzentrum für Innovation & Unternehmenskultur - Dr. Markus Hess**

Klassische Unternehmensberatung und Coaching, im Bereich der Managementbionik benennt Think Beyond sogenannte „Organische Strukturen in Organisationen“ und bietet „Führungstraining mit Pferden“ an, Markus Hess verwendet kybernetische Ansätze wie das Organisationsmodell lebensfähiger Systeme von Stafford Beer

www.think-beyond.com

8.2 Veranstaltungen (deutschsprachiger Raum)

Formelle Suchaspekte und Klassifizierung:

Eine Übersicht identifizierter Tagungen, Kongresse und Seminare im Bereich Bionik (sowohl der organisationsbezogenen als auch der technischen Bionik) ist auf der Seite von BIOKON zu finden (www.biokon.net/news/veranstaltung.shtml?archiv). Die über die Literaturrecherche bzw. die Akteursanalyse gefundenen Veranstaltungen werden mit dieser Übersicht abgeglichen.

Hinsichtlich der Veranstaltungen relevanter Akteure ist anzumerken, dass es sich bei der Aufstellung nur um solche handelt, die sich mit Wirtschafts-/Managementbionik und nicht mit Bionik im technischen Sinne beschäftigen. Auch bei den Referenten und Teilnehmern dieser Veranstaltungen wird sich auf die für die Wirtschafts-/Managementbionik relevanten beschränkt. Weitere teilnehmende Referenten mit anderen Schwerpunkten werden also nicht gelistet.

Die folgenden Aktivitäten sind alphabetisch geordnet. Die Reihenfolge stellt keine Auflistung nach Umfang oder Wichtigkeit da.

- **Bionik im Business, München 2009 (offenes eintägiges Seminar)**

Veranstalter: Projekt Bionik im Business (BIB) der LMU München

Themen: vorrangig Wirtschafts-/Managementbionik, ein Vortrag zur technischen Bionik

Teilnehmer: unbekannt, gedacht für Fach- und Führungskräfte

Referenten:
- Monica Labes (Leiterin KFT und Bionik im Business LMU München, Dipl. Biologin, Dipl. Wirtschaftsbiologin, Beratung, Personalwesen, aber auch Biotechnologie)
- Volker Witte (LMU München, Verhaltensökologie, Schwarmintelligenz): *Bionik im Business - Dr. Otto Training&Consulting, Dipl.-Psychologe, Berater für Evolutions- und Innovationsmanagement* (gemeinsamer Vortrag)
- Karl-Heinz Oeller (IBZ, MZSG, Systemtheorie und Kybernetik): *Was leistet die Management-Bionik?*

www.biokon.net/news/download/2009.01.23_Seminar_BionikImBusiness.pdf

- **Bionik im Management - Internat. Bionik-Kongress für das Top-Management, Luzern 2006, 2007, 2008 (bisher letzte Auflage) (eintägiger Kongress)**

Themen: Bionik im Management, Lösungen zu komplexen Systemen und Situationen, Lernen von der Natur, Lösungen in der Wirtschaftskrise

Veranstalter: Malik Management Zentrum St. Gallen AG (MZSG)

Teilnehmer: unbekannt

Referenten:
- Sebastian Hetzler (Ehem. MZSG, Management-Kybernetik): Environments for Decision: Entscheidungsfindung in einer komplexen Welt
- Fredmund Malik (MZSG, Management-Kybernetik): Biologische Organismen als Modell
- Karl-Heinz Oeller (IBZ, MZSG, Systemtheorie und Kybernetik): Komplexität, Nachhaltigkeit und erfolgreiches Management
- Martin Pfiffner (MZSG, Management-Kybernetik): Kieselalgen und Kommunikationsstrukturen: Von der Entscheidung zur Umsetzung

www.mmzsg.com/media/products/0935711001241788444.pdf

- **Bionik-Wirtschaftsforum, Osnabrück 2008 und 2010 (zweitägige Konferenz)**

Veranstalter: B-I-C Hochschule Bremen, BIOKON, DBU, IBZ, Kompetenznetz (KN) Biomimetik, VDI

Thema: was wurde bisher in der Bionik erreicht und in welcher Form könnte Bionik in der Zukunft als Mehrwert für Industrie und Wirtschaft dienen - das Forum legte den Fokus allerdings hauptsächlich darauf Forschungsergebnisse auf Produktinnovationsprozesse von Unternehmen anzuwenden und nicht auf ihre Übertragung auf Wirtschafts- bzw. Unternehmensstrukturen - Unternehmen sollten dafür begeistert werden bionische Ansätze in ihre Lösungsstrategien zu integrieren; 2008 gab es einen Vortrag zum Thema Managementbionik von Fredmund Malik - Vergabe des Bionik-Awards für junge Wissenschaftler und Forscher im Bereich technische Bionik

Teilnehmer: 130 aus Unternehmen und Wissenschaft - keine genaue Aufstellung

Referenten (2008/2010):
- Heike Beismann (VDI, Technologies of Life Sciences, Bionik, Vegetationsökologie): *Moderation (2010)*
- Fritz Brickwedde (DBU, seit Gründung beim DBU als Generalsekretär, Studium der Politikwissenschaften, Geschichte und Publizistik, früher Dezernent für Landschaftspflege, Regionalplanung, Umweltschutz): *Eröffnung + Teilnehmer Podiumsdiskussion (2008), Begrüßung (2010)*
- Rainer Erb (BIOKON, ZUK (DBU), VDI, Biotechnologie und Wirtschaftswissenschaften): *Moderation (2008), Begrüßung + Teilnehmer Podiumsdiskussion (2010)*

- Antonia Kesel (B-I-C, GTBB, Biologie, Bionik-Design, Aufbau von Netzwerken): *VDI-Richtlinien Bionik - Ingenieuren die Benutzung der Bionik erleichtern + Teilnahme Podiumsdiskussion (2008)*
- Fredmund Malik (MZSG, Management-Kybernetik): *Bionik als Management-Paradigma - Unternehmen nach dem Bauplan der Natur organisieren (2008)*
- Klaus-Stefan Otto (Dr. Otto Training&Consulting, BIOKON, Dipl.-Psychologe, Berater für Evolutions- und Innovationsmanagement): *Teilnehmer Podiumsdiskussion (2010)*
- Thomas Speck (KN Biomimetik, Leiter Lehrstuhl Botanik und Plant Biomechanics Group Uni Freiburg, BIOKON, VDI, Etablierung bionischer Forschung in Botanischen Gärten, funktionelle Morphologie): *Bionik in der Industrie - Bilanz und Ausblick (2008), Self-X-Eigenschaften: Charakteristikum des Lebendigen und Herausforderung für die Technik (2010)*

www.bionik-wirtschaftsforum.de/media/010310025122og9g.pdf

- **Bionisches Symbiosium, Saarbrücken 2009 (zweitägige Konferenz)**

Veranstalter: bionic engineering network (BEN)

Thema: Konstruktionsbionik/Konstruktiver Leichtbau, Managementbionik und Bionik in der Medizintechnik

Teilnehmer: unbekannt

Referenten:

- Thomas Bousonville (HTW Saarbrücken, entscheidungsunterstützende Systeme in der Logistik, Supply Chain Management): *Managementbionik: Naturinspirierte Planungsmethoden in der Logistik*
- Karl-Heinz Oeller (MZSG, Systemtheorie und Kybernetik): *Plenumsvortrag zum Thema Managementbionik (Thema im Programm nicht genauer definiert)*
- Jörg Sauer (MZSG, Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsmanagement, Digitale Produktentwicklung, Geschäftsstrategie): *Plenumsvortrag zum Thema Managementbionik (Thema im Programm nicht genauer definiert)*
- Peer Seipold (Wissenschaftlicher Mitarbeiter Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg, BIONA-Projekte: LOTOS Logistics towards sustainability, BIONOS Bionic for optimizing supply chains): *Managementbionik: Nachhaltige Gestaltung von Wertschöpfungsketten mit Hilfe der Bionik*

- **Darwin meets Business, Berlin 2009 (Konferenz)**

Themen: Organisationsentwicklung, Innovation à la nature, Nachhaltigkeit

Veranstalter: BIOKON, Dr. Otto-Consulting, Kompetenznetz (KN) Biomimetik, Uni Plant Biomechanics Group Freiburg

Teilnehmer: 120 Teilnehmer, keine Liste

Referenten:

- Rainer Erb (BIOKON, ZUK (DBU), VDI, Biotechnologie und Wirtschaftswissenschaften): *Bionik und Nachhaltigkeit*
- Antonia Kesel (B-I-C, GTBB, Biologie, Bionik-Design, Aufbau von Netzwerken): *Prozesse aus der Natur auf Wirtschaftsprozesse übertragen z.B. Transport- und Logistiksysteme*
- Wolfgang Kiessling (Professor für Evolutionäre Paläoökologie) *Krisen als Chance: Muster evolutionärer und wirtschaftlicher Krisen im Vergleich*
- Matthias Nöllke (Autor, Managementbionik): *Von Faultieren und Pfeifhasen. Anregungen für Führungskräfte aus dem Tierreich*
- Klaus-Stephan Otto (Dr. Otto Training&Consulting, BIOKON, Dipl.-Psychologe, Berater für Evolutions- und Innovationsmanagement): *Krisenmanagement mit evolutionären Konzepten*
- Martin Pfiffner (MZSG, Studium der VWL, Management-Kybernetiker): *Bionik und Management - Lernen von der Natur*
- Peer Seipold (Wissenschaftlicher Mitarbeiter Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg, BIONA-Projekte: LOTOS Logistics towards sustainability, BIONOS Bionic for optimizing supply chains): *BIONOS - Bionic for optimizing supply chains. Verbesserte Steuerung von Wertschöpfungsketten durch Bionik*
- Thomas Speck (KN Biomimetik, Leiter Lehrstuhl Botanik und Plant Biomechanics Group Uni Freiburg, BIOKON, VDI, Etablierung bionischer Forschung in Botanischen Gärten, funktionelle Morphologie): *Prozessabläufe in der Bionik - ein Schlüssel für wirtschaftlich erfolgreiche Umsetzungen*

www.darwin-meets-business.de

- **Querdenker-Tag: Mit Bionik zu Business Excellence, München 2009**

Veranstalter: Projekt Bionik im Business (BIB) (gemeinsam mit dem Querdenker Club)

Themen: Managementbionik, Heterarchie, Vorstellung v. BIONA-Projekten, Schwarmintelligenz und Selbstorganisation

Teilnehmer: 70

Referenten:

- Ulrich Behnen (Hochschule Konstanz, Arbeitsgebiete: Komplexitätsforschung, Komplexitätsmanagement, Komplexitäts- und Evolutorische Ökonomik): *Selbstorganisation: avanciert die Biologie zur neuen Leitwissenschaft?*

- Kurt G. Blüchel (Autor, Wissenschaftsjournalist; Themen: Jagd, technische und Wirtschaftsbionik, Klimawandelkritiker): *Evolutionsmanagement - Auf dem Weg in eine neue Welt*
- Willms Buhse (double YUU, Beratungsunternehmen, das die Idee des Web 2.0 auf Unternehmen übertragen möchte: Partizipation und Vereinfachung, Lehrauftrag Hamburg School of Business): *Enterprise 2.0 - Mit Selbstorganisation und Vernetzung zur kollektiven Intelligenz im Unternehmen*
- Rainer Erb (BIOKON, ZUK (DBU), VDI, Biotechnologie und Wirtschaftswissenschaften): *Bionik - Der Nutzen interdisziplinärer Kommunikation*
- Stefan Kaduk und Dirk Osmetz (Musterbrecher): *Führung neu leben - über Musterbrüche und frei atmende Organisationen*
- Monika Labes (Dipl. Biologin, Dipl. Wirtschaftsbiologin, LMU, Leiterin KFT und BIB, Beratung, Personalwesen, aber auch Biotechnologie): *Mit Bionik zu Business Excellence: Wie Sie vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten - der Natur - profitieren!*
- Matthias Nöllke (Autor, Managementbionik): *Lernen von der Natur - Bionik im Management*
- Klaus-Stephan Otto (Dr. Otto Training&Consulting, BIOKON, Dipl.-Psychologe, Berater für Evolutions- und Innovationsmanagement): *Evolutionsmanagement in turbulenten Zeiten*
- Markus Reihlen (Uni Köln, Unternehmensführung und Logistik): *Führung in Heterarchien*
- Peer Seipold (Wissenschaftlicher Mitarbeiter Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg, BIONA-Projekte: LOTOS Logistics towards sustainability, BIONOS Bionic for optimizing supply chains): *BIONOS - Verbesserte Steuerung von Wertschöpfungsketten durch Bionik*
- Thomas Speck (KN Biomimetik, Leiter Lehrstuhl Botanik und Plant Biomechanics Group Uni Freiburg, BIOKON, VDI, Etablierung bionischer Forschung in Botanischen Gärten, funktionelle Morphologie): *Von der Entdeckung zum Produkt: Konzepte zur erfolgreichen Umsetzung in der Bionik*
- Volker Witte (LMU München, Verhaltensökologie, Schwarmintelligenz): *Organisation im Insektenstaat*

8.3 Akteure (englischsprachiger Raum)

Formelle Suchaspekte und Klassifizierung:

Die Akteure mit ihren entsprechenden Aktivitäten werden nach ihrer Herkunft aus Großbritannien bzw. den USA getrennt gelistet. Alle weiteren Such- und Klassifikationskriterien bezüglich der Akteursanalyse entsprechen denen des deutschsprachigen Raumes.

UK

1. Netzwerke:

- **BIOKON International - Dr. George Jeronimidis**

internationales Netzwerk des deutschen BIOKON - Dr. George Jeronimidis ist Professor der University of Reading; Dr. Thomas Speck, Dr. Antonia Kesel und Dr. Rainer Erb haben hier ebenfalls führende Positionen inne - außer Dr. George Jeronimidis stammt sonst keiner aus dem englischsprachigen Raum, sondern aus den Niederlanden, Frankreich oder Schweden - Grundlagen und Ziele von BIOKON International stimmen mit denen des deutschen BIOKON überein - working group „Organisation and Management“, außer Phil Richardson (Leiter) keine Mitarbeiter aus dem englischsprachigen Raum

- **BIONIS - The Biomimetics Network for Industrial Sustainability**

weltweites Netzwerk verschiedener Universitäten - bisher hauptsächlich aktiv in der technischen Bionik - einzige Veröffentlichungen, die in die Thematik Wirtschafts-/Managementbionik passen, stammen von Olga Bogatyreva (s. Literatur)

www.reading.ac.uk/bionis

2. Unternehmensberater

- **BioTRIZ - Nikolay und Olga Bogatyreva**

der Name ist eine Verbindung von TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) und Bionics – Anleitung für Unternehmen, wie sie nach dem Vorbild der Natur innovativ sein können - technische und Managementprobleme sollen gelöst werden - Angebot von Produkten/Services und Wokshops - geht in die Richtung der Managementbionik

www.biotriz.com

- **Business Bionics - Jane Rudov**

Klassische Unternehmensberaterin (Project Management, Business Development, Business Consulting), bietet außerdem Abfallmanagement - Bionics steckt nur im Firmennamen

www.bizbionics.com

- **Thoughtcrew Limited - Phil Richardson**

Angebot verschiedener Services wie Informationsveranstaltungen zu Bionik, bestimmter selbst entwickelter Instrumente zur Optimierung einzelner Projekte, Workshops zu Innovation - Phil Richardson leitet außerdem die working group „Organisation and Management“ bei BIOKON International - er ist Mitglied von BIONOS der University of Reading und dem Centre of Biomimetics der University of Bath

www.thoughtcrew.net/biomimetics.aspx

3. Universitäten

- **University of Bath - Centre of Biomimetics and Natural Technologies - Biomimetics Group**

Forschungsprojekte im Bereich technische Bionik/Biomimetics - Wissenschaftler um Olga Bogatyreva haben BioTRIZ gegründet, eine Unternehmensberatung, die biologische Vorbilder in das Problemlösungsinstrument TRIZ integriert (s.o.) - Mitglied des Netzwerkes BIONIS

www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics

- **University of Reading**

forscht und bietet Studiengänge im Bereich Kybernetik sowie technische Bionik an - Leiter des Netzwerkes BIONIS

www.reading.ac.uk/Biomim

USA

1. Forschungseinrichtungen

- **Biomimicry Institute - Janine Benyus**

privates gemeinnütziges Institut, das durch Spenden finanziert wird - 2005 von Janine Beynus gegründet - spezialisiert vor allem auf die Entwicklung von Erziehungsansätzen im Bereich Bionik - Tendenz zur Unternehmensberatung, aber nicht unter Verwendung der Managementbionik sondern wie ein Unternehmen etwas für die Natur tun und daraus (Marketing-)Nutzen ziehen kann

Aktivitäten:

– Angebot von Workshops und Ausbildungsprogrammen: Weiterbildungsprogramme vor allem für Erzieher, Lehrende, Studenten, die die Idee des „von der Natur Lernens“ vermitteln wollen - Gestaltung von Informationsmaterial (Info-Tafeln, Panels, etc.) für informelle Bildung
– Finanzielle Förderung für Biomimicry Projekte durch Unternehmen: Vermittlerposition zwischen auf der einen Seite förderungswürdigen Projekten, die grob in den Bereich Umweltschutz einzuordnen sind, und auf der anderen Seite Unternehmen - Voraussetzung um eine Förderung zu erhalten ist, dass das Unternehmen durch seine Produkte weder Umwelt, Mensch noch Tier (s. Website) schädigen darf - Vorteile einer Förderung durch das Biomimicry Institute ist für das Unternehmen der positive Imageeffekt
– Open Source Projekt AskNature: Portal für Ingenieure, Designer, etc., die Inspiration in der Natur suchen möchten

www.biomimicryinstitute.org

2. Unternehmen

- **W. L. Gore & Associates GmbH - Bill und Vieve Gore**

gegründet 1958 - Gore-Tex - Unternehmensstruktur nach Amöbenvorbild - seit 1984 mehrfach unter den „100 besten Arbeitgebern in Amerika“, seit Gründung des © Great Place to Work® Institutes 2002 durch das BAMS jährlich unter die 10 besten Arbeitsstätten in Dtl. gewählt - Philosophie:

keine Weisungshierarchien: Associates (nicht Mitarbeiter) werden für allgemeine Arbeitsgebiete eingestellt, mittels Beratung durch Sponsoren (nicht Vorgesetzte) und einem wachsenden Verständnis für Anforderungen und Teamziele widmen sich Associates Projekten, die ihren Fähigkeiten entsprechen (s. Homepage Gore/Firmenkultur)

www.gore.com/de_de/

3. Unternehmensberater

- **Biomimicry Guild - The Innovation Consultancy for Bio-Inspired Design - Janine Benyus**

Mit ihrer Idee des Designs von lebens-/naturfreundlichen Produkten im Unternehmen ist Biomimicry Guild eher im Bereich der technischen Bionik anzusiedeln - sie stellt eine Unternehmensberatung dar, die Biomimicry Unternehmen verständlich machen möchte und sie im Prozess der Produktentwicklung begleitet - nähert sich der Managementbionik an, indem sie die biomimicry im Produktionsdesign organisationsweit und langfristig verankern möchte, das gesamte Unternehmen könnte nach ihrer Anleitung nachhaltig sein - allerdings muss der Bogen zur Gestaltung von Organisationsstrukturen oder Unternehmensprozessen nach Vorbildern aus der Natur erst noch geschlagen werden

Aktivitäten:
- Workshops „Biologist at the Design Table (BaDT)“: Zusammenbringen von Biologen und Designern - Ergebnisse biologischer Forschung sollen für das Design von innovativen, nachhaltigen und naturfreundlichen Produkten und Prozessen zugänglich gemacht werden
- Teilnahme an diversen Events zu Design und Architektur und aus dem Bereich der Nachhaltigkeit: der überwiegende Teil dieser Veranstaltungen beschäftigt sich mit der Übertragung biologischer Vorbilder auf die Architektur oder das Design, einige sind aber auch eher in anderen Wissenschaftsbereichen wie den Systemwissenschaften o. ä. anzusiedeln - wenn Biomimicry Guild als Referent an diesen Events teilnimmt, handelt es sich um interne Mitarbeiter - sonstige Teilnehmer der Veranstaltungen sind meist Biologen oder Designer und Architekten

www.biomimicryguild.com

4. Universitäten

- **Arizona State University (ASU) - Arizona School of Life Science (SOLS)**

die Arizona SOLS forscht in Themengebieten wie “Biodiversity Systematics and Phylogenetics” oder “Evolutionary Theory and Computation” - bietet Master- sowie Doktorandenprogramme an - bisher keine klare Verbindung mit Wirtschafts-/Managementbionik

Aktivitäten:
- Veranstalter der Konferenz “Social Biomimicry: Insect Societies and Human Design, ASU Phoenix 2010 (3rd annual frontiers in life sciences conference series 2010)”

  Themenfelder: Zusammenbringen von Biologen, Designern, Ingenieuren und Unternehmern - Thema: Erforschung des Kollektivverhalten und der Nestbildung bei Insekten zur Findung effizienter und nachhaltiger Lösungen in Produktion, Transport, Kommunikation, umweltbewusstem Bauen

Referenten: aus dem Bereich der Schwarmintelligenz und Robotik

http://sols.asu.edu/

8.4 Graue Literatur (deutschsprachiger Raum)

Formelle Suchaspekte und Klassifizierung:

Die Aufstellung trennt die Literatur zum einen nach den Suchbegriffen und zum anderen in ihre Veröffentlichungsform (Artikel/Journals/Papers sowie Bücher und Blogs). Unter dem Abschnitt „weitere Literatur“ wird solche angegeben, die sich aus der Suche nach speziellen Tendenzen und Subbereichen der organisationsbezogenen Bionik, welche während der Lektüre der o. g. Literatur deutlich wurden, ergeben. Schnittstellen mit anderen Wissenschaftsbereichen sind durch Unterlegung in den Beschreibungen der entsprechenden Akteure und Literatur gekennzeichnet.

Die folgenden Begriffe wurden sowohl in Google als auch in Google scholar gesucht. Jeweils die erste der beiden Zahlen stellt die Gesamtanzahl der Hits dar, während die zweite nur die berücksichtigt, die bei Ausstellen von Doppelungen tatsächlich angezeigt werden, also sogenannte Kernhits darstellen. Nach Untersuchung aller Begriffe wird deutlich, dass die Summe der von Google angezeigten Kernhits gegenüber der der Gesamthits deutlich kleiner ist, in Google scholar ist sie sogar verschwindend gering.

Die folgenden Internetrecherchen erfolgten in der Woche vom 23.8.2010 bis 27.08.2010.

8.4.1 Suchbegriff: Wirtschaftsbionik

(Hits: Google: ca. 12.300/angezeigt: 204, Google scholar: 0)

Artikel/Journals/Papers

- **Detering, M. (2010): Von Ameisen und Managern/Manager sind wie Ameisen, karriere.de/Zeit/etc.**

Definition und Beschreibung der Aktualität der Wirtschaftsbionik, Benennung aktuell relevanter Akteure (s. doc *Akteure…*)

www.karriere.de/bildung/von-ameisen-und-managern-9787 www.zeit.de/karriere/beruf/2010-04/wirtschaftsbionik

- **Happich, G. (2008): Wirtschaftsbionik: Die Natur zum Vorbild nehmen, Lernende Organisation LO - Zeitschrift für systemisches Management Bd. 43.2008 (Mai/Juni): 40-47, Wien**

die Autorin definiert drei Ebenen der Wirtschaftsbionik: Wirtschaftsbionik als Marketing-Gag, als mechanistische Übertragung und als weiteres Beispiel für komplexe Systeme; sie kritisiert, dass eine mechanistische direkte Übertragung wie in der technischen Bionik nicht möglich ist, da Mensch und Natur einfach zu unterschiedlich sind, der Mensch entscheidet im Sinn-Kontext

http://www.isct.net/isct/html/left/weiterbildungsprogramm/seminare/09/sites/downloads/lo43-gesamt.pdf

- **Löwer, C. (2010): Bionik im Business bahnt Wege, vdi nachrichten.com**

Definition und Beschreibung der Anwendung von Bionik im Business Management, Benennung aktuell relevanter Akteure (s. doc *Akteure…*)

http://www.vdi-nachrichten.com/vdi-nachrichten/aktuelle_ausgabe/akt_ausg_detail.asp?cat%20=4&id=49120&source=homepage

- **Nienhoff, M. (2009): Lernen von der Natur, TÜV SÜD Journal 3/2009, TÜV SÜD AG München**

Einführung in die Bionik und ihren Einsatz im Transport, Bogen über nachhaltiges Wirtschaften zu Wirtschaftsbionik, genannte Akteure Monica Labes, Karl-Heinz Oeller

www.tuev-sued.de/uploads/images/1254466292477655610139/TSJ-09-03-Bionik.pdf

- **Pade, C./Petschow, U. (2007): Bionik - Vorbild Natur, Ökologisches Wirtschaften 3/2007**

Einführung in die Bionik (Herkunft, Grundlagen, aktueller Stand, mögliche Entwicklungsrichtungen), basiert auf den beiden Studien der Universität Bremen und des IÖW „Potenziale und Trends der Bionik“ sowie „Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik. Themenfeld 2: Die Nähe zur Natur als Chance und als Risiko“

Blog/Plattformen

- **DenkZEIT (Blog)**

Kritik am Vortrag über Wirtschaftsbionik

http://blog.gungfu.de/archives/2009/07/24/wirtschaftsbionik-ameisen-als-chef/

Bücher

- **Nöllke, M. (2008): Von Bienen und Leitwölfen. Strategien der Natur fürs Business nutzen. Haufe Verlag**

„Lernen von der Natur“, „So managt die Natur“; sehr breit angegangen: Werben und Lockrituale als Kundenansprache, Ressourcenmanagement, die Natur zeigt unterschiedliche Organisationsformen, Wettbewerb; eine Art philosophisch angehauchter Managementratgeber; „Bionik-Bestsellerautor“

http://books.google.de/books?id=iAtBI34Cb_sC&printsec=frontcover&dq=Von+Bienen+und+Leitw%C3%B6lfen:+Strategien+der+Natur+f%C3%BCrs+Business+nutzen&hl=de&ei=-5trTCfHkIwH2MWk-wE&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

- **Nöllke, M. (2005): So managt die Natur. Haufe Verlag**

Das Buch ist dem o. g. in Idee und Struktur sehr ähnlich, auch inhaltlich greift er bestimmte Paragraphen dieses Buches in seinem Buch von 2008 fast vollständig wieder auf

- **Otto, K.-S. et al. (2006): Evolutionsmanagement - Von der Natur lernen: Unternehmen entwickeln und langfristig steuern, Hanser Verlag**

Definition Evolutionsmanagement, Anwendung grundlegender Entwicklungsprozesse auf das Unternehmen, Organisation als Organismus, etc., das Buch erscheint allerdings nicht direkt unter dem Begriff Wirtschaftsbionik, sondern nur der Autor mit seinem Beratungsunternehmen

http://books.google.de/books?id=8al--NE6jT0C&printsec=frontcover&dq=Evolutionsmanagement+-+Von+der+Natur+lernen:+Unternehmen+entwickeln+und+langfristig+steuern%22&hl=de&ei=5j5uTMjXEIKQjAeyxbz7CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false

8.4.2 Suchbegriffe: Wirtschaft Bionik, „Wirtschaft Bionik“, Wirtschafts-Bionik

Wirtschaft Bionik (Hits: Google: ca. 82.900/angezeigt: 507, Google scholar: ca. 662)

„Wirtschaft Bionik“ (Hits: Google: 72/angezeigt: 25, Google scholar: 0)

Wirtschafts-Bionik (Hits: Google: 1.130.000/angezeigt: 750, Google scholar: 0)

(Die Suchbegriffe Wirtschaft Bionik mit bzw. ohne Anführungszeichen zeigen inhaltlich dieselben Ergebnisse wie der Begriff Wirtschafts-Bionik. Da Wirtschaft Bionik ohne Anführungszeichen eigentlich zwei einzelne Suchbegriffe darstellt erscheinen hier deutlich mehr Ergebnisse, die sich dann aber nur mit der technischen Bionik befassen. Es finden sich die gleichen Beiträge wie unter Wirtschaftsbionik plus folgende:)

Artikel/Journals/Papers

- **Berlin, Ulrich (2009): Wertschöpfungsketten besser steuern durch Bionik, Innovations-report Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft**

Beschreibung des Projekts BIONOS Bionic for optimizing supply chains (s. Aktivitäten)

http:// innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie /wertschoepfungsketten_besser_steuern_bionik_133048.html

- **HRM Research Institute GmbH (2010): Bionik im Management**

Definition Bionik, Beschreibung der Aktivitäten Maliks als Hauptvertreter der Bionik und ihrer Schwesterdisziplin, der Kybernetik, und des MZSG sowie der Stiftung für Bionik, die ebenfalls von Malik geleitet wird

http://www.hrm.de/SITEFORUM?&t=/Default/gateway&i=1169747321057&application=story&l=1&active=no&ParentID=1169812876510&StoryID=1228134045998&xref=http%3A//www.google.de/search%3Fclient%3Dfirefox-a%26rls%3Dorg.mozilla%253Ade%253Aofficial%26channel%3Ds%26hl%3Dde%26source%3Dhp%26q%3DWirtschaft+Bionik+%26meta%3D%26btnG%3DGoogle-Suche

- **Küppers, U. (2004): Versuch einer Annäherung - Bionik und Wirtschaftlichkeit In: Biologie in unserer Zeit, Vol. 34 Nr. 5 S. 316-323**

  befasst sich mit der Produktentwicklung und Marktfähigkeit von bionischen Produkten, außerdem mit der Vernetzung als Lösung in komplexen Systemen

- **Nittbaur, G. (2009): Bionik und Kybernetik: Vier Milliarden Jahre Entwicklungsorientierung In: Gmür, M. et al. (Hg.): Entwicklungsorientiertes Management weitergedacht**

  bezieht sich hauptsächlich auf Stafford Beer, Fredmund Malik und deren kybernetischen Ansatz für erfolgreiche Organisation und Management

  http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=3Ufnjyn7e0oC&oi=fnd&pg=PA17&dq=Wirtschaft+Bionik&ots=M4kDfT9bVJ&sig=Y80lw75rIt-2PhFjr4AsCjVT_Vg#v=onepage&q=Wirtschaft%20Bionik&f=false

Bücher

- **Köck, A. M. (2003): Innovationen durch bionische Ansätze und die Bedeutung der Bionik für Wirtschaft und Umwelt, Diplomarbeit Grin Verlag Norderstedt**

  Magisterarbeit

  http://books.google.de/books?id=CPw4H1jl_PoC&printsec=frontcover&dq=Wirtschaft+Bionik&source=bl&ots=FjLRUKfZJV&sig=KnKMiNcf5zSsGpVMm0HsZcCcxP0&hl=de&ei=BORsTJ7-A47uOe_UkLEL&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CDIQ6AEwCDgK#v=onepage&q&f=false

- **Nachtigall, W. (2010): Bionik als Wissenschaft. Erkennen-Abstrahieren-Umsetzen**

  Noch nicht erschienenes Buch zur technischen Bionik, der Autor beschäftigt sich mit den erkenntnistheoretischen Grundlagen der technischen Bionik, kein Wirtschafts-/Managementbionik Bezug

  http://books.google.com/books?id=DBEuDdovMiUC&printsec=frontcover&dq=Werner+Nachtigall&hl=de&ei=lNiZTK_SLd_U4waG_9Bo&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CDUQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false

- **Nachtigall, W. (2008): Bionik - Lernen von der Natur. Beck München**

  Ähnlich wie sein Buch von 1998 beschäftigt sich auch dieses mit der Bionik als Anwendung der Natur auf die Technik und in ähnlichem eher geringerem Maße, wie in seinem Buch von 1998, auch mit der Anwendung auf das Management komplexer Systeme

  http://books.google.com/books?id=3ojNaFBJlkoC&printsec=frontcover&dq=Bionik:+Lernen+von+der+Natur&hl=de&ei=OdaZTOzJKdy4jAeP06wl&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDIQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

- **Nachtigall, W. (1998): Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer Berlin Heidelberg New York**

Nachtigall ist Professor für Zoologie, das Buch stellt eine allgemeine Beschreibung/Definition von Bionik dar, ab Kapitel 15 „System und Organisation“ wird dann auf Wirtschaftsbionik eingegangen

http://books.google.com/books?id=u90In822VuwC&printsec=frontcover&dq=Nachtigall:+Bionik+Grundlagen&hl=de&ei=8kuHTO-GCNPn4Ab5-IHSBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false

- **v. Gleich, A. (2010): Bionik - Vorbild Natur, Ökologisches Wirtschaften, Nr. 3/2007**

Definition technische Bionik als Wissenschaft, Leitbildentwicklung

http://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/download/525/525

8.4.3 Suchbegriff: Managementbionik

Hits: Google: ca. 131/angezeigt: 47, Google scholar: 5

Artikel/Journals/Papers

- **Institut für Technikfolgen-Abschätzung der österreichischen Akademie der Wissenschaften (2006): Bionik-Potenzial in Österreich**

Bionikforschung und -aktivitäten in Deutschland und Österreich; ein Abschnitt beschäftigt sich auch mit Managementbionik

http://epub.oeaw.ac.at/0xc1aa500d_0x0012c405.pdf

- **Mey, S. (2008): Natur als Mentor: Management durch Bionik, Wirtschaftsblatt** Organisationsformen, Führungskraft, Benennung aktuell relevanter Akteure

www.wirtschaftsblatt.at/home/service/karriere/natur-als-mentor-management-durch-bionik-348921/index.do

- **Oeller, K.-H. (2007): Bionik im Management - Management Bionik, Malik MZSG**

Allgemeine Beschreibung der Bionik im Management plus Informationen zu den Instrumenten des MZSG

- **Oeller, K.-H. (2009): Kapieren statt kopieren, TÜV SÜD Journal 3/2009, TÜV SÜD AG München**

Interview mit Karl-Heinz Oeller zum Einsatz von Bionik im Management

www.tuev-sued.de/uploads/images/1254466292477655610139/TSJ-09-03-Bionik.pdf

- **Pfiffner, M. (2006):Von biologischen Systemen lernen, io new management Nr. 12**

Zunehmende Komplexität von Systemen erfordert Kybernetik als Methode der Bionik zur Steuerung von Unternehmen: lebensfähige Systeme, Syntegration, der „Operations Room“, biokybernetische Sensitivitätsmodell, evolutive Innovation und Portfoliooptimierung (Martin Pfiffner gehört zur Operativen Geschäftsleitung des MZSG)

http://www.bionikzentrum.de/img_upload/Pfiffner%20-%20Von%20biologischen%20Systemen%20lernen.pdf

Bücher

- **Blüchel, K.G./Sieger, H. (2009): Krisenmanagerin Natur. Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können. DWC-Medien GmbH München**

Beinhaltet eine Einführung von Blüchel und Siegel zur Natur als Krisenmanagerin, die weiteren Beiträge stammen von verschiedenen Autoren, die sich mit Evolution, Innovation und/oder Bionik beschäftigen, die Herausgeber wollen einen Überblick über die Anwendung von Beispielen aus der Natur auf Lösungen zu wirtschaftlichen, organisatorischen, technischen und sozialen Problemstellungen geben, Beiträge u. a. von (diese sind die für die Wirtschafts-/Managementbionik relevanten, teilweise aus angrenzenden Wissenschaftsbereichen stammenden, Autoren):

- **Steffan Heuer** (Wissenschaftsjournalist, Schwarmintelligenz)**:** Geh hin zur Ameise und werde weise! Staatenbildende Insekten haben schon vor Jahrmillionen einen Königsweg zur Vermeidung von Krisen gefunden
- **Markus Hess:** Krise? Na und! und Verbessern Sie Ihr Handicap!
- **Udo Küppers** (Verpackungs-, Organisations- und Evolutionsbionik)**:** Natürlich verpackt
- **Werner Nachtigall:** Biostrategie - Ein Weg zur Krisenvermeidung
- **Matthias Nöllke:** So managt die Natur
- **Klaus-Stephan Otto:** Strategisches Evolutionsmanagement in stürmischen Zeiten

- **Malik, F./Blüchel, K.G. (2006): Faszination Bionik - Die Intelligenz der Schöpfung, Bionik-Media Verlag München**

Die Geschichte der Natur, ihre evolutorischen Eigenschaften sowie ihre Komplexität wird in verschiedenen Beiträgen unterschiedlicher Autoren aus Logistik, Biologie, Physik, Architektur, Management, Journalismus erläutert; die Beiträge stammen u. a. von (diese sind die für die Wirtschafts-/Managementbionik relevanten, teilweise aus angrenzenden Wissenschaftsbereichen stammenden, Autoren):

- **Paul Ablay** (ehem. MZSG, „Ablay Optimierung“ Software, Evolutionsökonomik)**:** *Wechselschritt auf dem Tanzboden der Evolution*
- **Sebastian Hetzler** (ehem. MZSG, Management-Kybernetik)**:** *Das Modell lebensfähiger Systeme*
- **Steffan Heuer** (Wissenschaftsjournalist, Schwarmintelligenz)**:** *Ins Schwärmen geraten*
- **Jörg Jelden** (Trendforscher, Schwarmintelligenz)/ **Peter Wippermann** (Professor für Kommunikationsdesign, Trendforscher, Schwarmintelligenz)**:** *Schwarm-Intelligenz*
- **Udo Küppers** (Verpackungs-, Organisations- und Evolutionsbionik)**:** *Grenzflächen des Lebens*

– **Matthias Nöllke:** *Managementschule Natur*
– **Martin Pfiffner:** *Alles Leben ist Problemlösen*
– Olga Speck/Thomas Speck: *Wunderwelt der Pflanzen*

8.4.4 Suchbegriffe: Management Bionik, „Management Bionik“, Management-Bionik

Management Bionik (Hits: Google: ca. 44.300/angezeigt: 577, Google scholar: ca. 814)

„Management Bionik“ (Hits: Google: ca. 391/angezeigt: 58, Google scholar: 3)

Management-Bionik (Hits: Google: ca. 382.000/angezeigt: 665, Google scholar: 4)

Die Suchbegriffe Management Bionik mit bzw. ohne Anführungszeichen zeigen inhaltlich dieselben Ergebnisse wie der Begriff Management-Bionik. Da Management Bionik ohne Anführungszeichen eigentlich zwei einzelne Suchbegriffe darstellt erscheinen hier deutlich mehr Ergebnisse, die sich dann aber nur mit der technischen Bionik befassen. Es finden sich die gleichen Beiträge wie unter Managementbionik plus folgende:

Artikel/Journals/Papers

- **Hess, Dagmar (2007): Bionik als Management Paradigma, vdi Nachrichten, Düsseldorf**

Beschreibung von Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten der Bionik, speziell lebensfähige Systeme und Kybernetik, im Management; Benennung der aktuell relevanten Akteure

- **Malik, F. (2006): Management à la nature, Malik-Kolumne manager magazine Online**

Bionik, Führungsposition Deutschlands, Kybernetik, Fähigkeiten der Natur wie Adaptivität, Lernen, Regulierung und Selbstregulierung, Organisation und Selbstorganisation ermöglichen durch Erweitern der Komplexität des Managementsystems Leadership

www.manager-magazin.de/unternehmen/karriere/0,2828,416539,00.html

8.4.5 Weitere Literatur

Wie bereits in der Darstellung der Suchkriterien erklärt, wird hier ein spezieller thematischer Bereich, der Teil der Wirtschafts-/Managementbionik ist dargestellt. Bei allen Beiträgen geht es um Tiere als Vorbilder für das Coaching von Führungskräften. Die Thematik wird unter anderem in Matthias Nöllkes Buch „Von Bienen und Leitwölfen“ als Subthematik vorgestellt.

Artikel/Journals/Papers

- **Liebmann, H. (2009): Tiere nehmen keine Rücksicht - Coaching mit Pferd, Wolf & Co., existenzielle 1/2009 online-magazin**

Artikel der sich mit dem Boom der Verwendung von Tieren im Bereich des Coaching auseinandersetzt

http://www.existenzielle.de/cms/Magazin/Specials/Tiere-im-Job/index-b-1-66-96.html

- **Lipkowski, S./Gloger, S. (2007): Was lernen Manager von Hund, Vogel, Wolf. Tiere als Co-Trainer, managerSeminare Heft 113**

Überblick über das Entwickeln von Coachingstrategien unter der Verwendung von Vorbildern aus der Tierwelt sowie des Trainingsansatzes den Mensch durch Interagieren mit dem entsprechenden Tier weiterzubilden; des Weiteren werden einige Trainer, Personalentwickler und Branchenbeobachter nach ihrer Meinung zu dem Thema befragt; als Branchenbeobachter wird auch Matthias Nöllke erwähnt

Bücher

- **Askani, T./Schefer, Irina (2008): Der Wolfsmanager. Teams erfolgreich führen, Rowohlt**

Das Buch entwickelt zum Einen Parallelen zwischen dem Leitpotenzial eines Wolfs und dem Führungsverhalten eines Managers und analysiert zum anderen das Wolfsrudel als perfektes Team

(nicht in Google books)

8.5 Graue Literatur (englischsprachiger Raum)

Formelle Suchaspekte und Klassifizierung der Literatur:

Die Literatursuche unterscheidet nicht nach Großbritannien und USA. Allerdings wird bei der Auflistung zu jedem Eintrag das entsprechende Land in Klammern angegeben.

Die folgenden Begriffe wurden sowohl in Google als auch in Google scholar gesucht. Jeweils die erste der beiden Zahlen stellt die Gesamtanzahl der Hits dar, während die zweite nur die berücksichtigt, die beim Ausstellen von Doppelungen tatsächlich angezeigt werden, also sogenannte Kernhits darstellen. Google scholar zeigt maximal 1000 der insgesamt vorhandenen Hits an. Nach Untersuchung aller Begriffe wird deutlich, dass die Summe der von Google angezeigten Kernhits gegenüber der der Gesamthits deutlich kleiner ist, in Google scholar ist sie hinsichtlich des für die Untersuchung essentiellen Begriffs Managementbionics sogar verschwindend gering. Die weiteren Suchkriterien sowie Klassifikationscharakteristiken stimmen mit denen zur deutschsprachigen Literatur überein

8.5.1 Suchbegriff: Biomimicry

Google: ca. 248.000/angezeigt: 666, Google scholar: ca. 4030

Artikel/Papers/Journals

- **Faludi, Jeremy (2005): Biomimicry 101, Worldchanging Seattle (USA)**

Beschreibung des aktuellen Stands der Biomimicry in den USA, hauptsächlich im Bereich Design und Technik, Janine Benyus als Hauptakteur

www.worldchanging.com/archives/003625.html

Bücher

- **Benyus, Janine M. (1997): Biomimicry: Innovation inspired by nature, HarperCollinsPublisher Inc. New York (USA)**

Kapitel 7 erläutert ein Modell der Übertragung eines Beispiels aus der Natur auf Unternehmensführung und Wirtschaft

www.amazon.com/Biomimicry-Innovation-Inspired-Janine-Benyus/dp/0060533226

8.5.2 Suchbegriffe: Biomimesis, Biomimetic(s)

Biomimesis (Hits: Google: ca. 685.000/angezeigt: 640, Google scholar: ca. 20.500)

Biomimetic(s) (Hits: Google: ca. 732.000 (238.000)/angezeigt: 619 (635), Google scholar: ca. 138.000)

Sämtliche unter den Suchbegriffen biomimesis sowie biomimetic(s) angezeigte Literatur beschäftigt sich mit der Übertragung biologischer Vorbilder auf die Technik, speziell bezogen auf architektonisches Design und Robotertechnologie. Außerdem wird der Begriff biomimetic(s) in der Pharmazeutik für die Entwicklung von Medikamenten verwendet. Die Ergebnisse aller drei Begriffe biomimicry, biomimesis sowie biomimetic(s) überschneiden sich in diesen Bereichen.

Auf Grund der Akteursanalyse kann hier ein Artikel, der sich zwar mit der organisationsbezogenen Bionik beschäftigt, welcher seine Unternehmensberatung jedoch selber in den Bereich der biomimetics einordnet (vgl. Phil Richardson). Des Weiteren wird ein Buch von Olga Bogatyreva ergänzt, da sie ebenfalls von den verschiedenen englischsprachigen Suchbegriffen zur Wirtschaftsbionik in ihren Studien sowie auf der Internetseite ihrer Unternehmensberatung immer den Begriff biomimetics verwendet.

Artikel/Papers/Journals

- **Richardson, Phil (2009): Symbiosis: Natural Partnering, Thought Leadership The Partner**

Beschreibt die Managementbionik und speziell das Instrument der Symbiose als Lösung zu Managementproblemen in komplexen Systemen und zur Entwicklung von Unternehmensstrategien

www.box.net/shared/jgv61mm57r

Bücher

- **Bogatyreva, O.A./Shillerov, A.E. (1998): Social Synergetics, Novosibirsk (UK)**

Das Buch beschreibt soziale Systeme und analysiert die Interaktion innerhalb dieser Systeme, des Weiteren werden Verhaltensweisen von Schimpansen auf Unternehmensstrukturen, u. a. der Managementebene, übertragen - Schlagwort: soziale Psychologie und Management

- **Bogatyreva, O.A. (2002): Management in Ant Colonies - Natural Analogue of the Resolution of Social Contradictions using TRIZ Tools, ETRIA Conference Proceedings, Strasbourg, 6.-9.11.2002**

Es werden vier Arten des Managements in Ameisenkolonien beschrieben und eine der gefundenen Regeln wird im Ingenieursbereich praktisch angewandt

8.5.3 Weitere Literatur

Articles/Papers/Journals

- **Winston, A. (2009):Use Biomimicry to Make Better Products (and Companies), Harvard Business Review Blog (USA)**

Der Artikel erklärt Biomimicry und nennt einige Anwendungsbeispiele sowie Unternehmen, die ihre Designkonzepte an der Natur orientieren, Janine Benyus wird als Referenz genannt: sie schlägt auch den Bogen von grünen Produkten zu grünen Unternehmen - **grüne Produktinnovation**

http://blogs.hbr.org/winston/2009/05/use-biomimicry-to-make-better.html#comments

Bücher

- **Pauli, G. (2010): The Blue Economy - 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs, PARADIGM PUB. (Belgien/USA)**

Pauli beschreibt 100 Innovationen, die auf technischer Bionik basieren und bereits funktionierende Geschäftsmodelle sind bzw. es werden können, es geht hauptsächlich um **blaue (oder auch grüne bzw. nachhaltige) Produktinnovation** und nicht um an der Bionik orientierte Organisationsstrukturen, veröffentlicht als Bericht an den Club of Rome

(nicht in Google books)

- **Hawken, P./Lovins, A. und H. (1999): Natural Capitalism, Little, Brown & Co. Boston/Massachusetts (USA)**

Das Buch entwirft einen s. g. Öko-Kapitalismus, der auch das Naturkapital beachtet. Möglichkeiten neuer Wirtschaftsstrukturen, die die Natur wertschätzen, werden beschrieben. Wie schon der Untertitel des Buches „Wohlstand im Einklang mit der Natur“ zeigt, handelt es sich aber nicht um das Anwenden biologischer Beispiele auf die Wirtschaft, Idee **„harmony with nature“**

(nicht in Google books)

GESCHÄFTSTELLE BERLIN
MAIN OFFICE
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0
Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

BÜRO HEIDELBERG
HEIDELBERG OFFICE
Bergstraße 7
69120 Heidelberg
Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0
Fax: + 49 – 6221 – 270 60

mailbox@ioew.de
www.ioew.de