

E. W. Udo Küppers

## Systemisches Bionik-Management

Eine ganzheitliche Sicht auf nachhaltige umweltökonomische Produktentwicklungen

**Wir leben in einer Zeit, wo keiner mehr Zeit hat! Weltweite Vernetzung von Daten aller Art, die mit unbegreiflicher Geschwindigkeit transportiert werden, treiben die Menschen in die Beschleunigungsfalle – wo zudem noch Arbeit verdichtet wird! Die Folgen sind lineares strategisches und ökonomisches Handeln voller Kurzsichtigkeit, Instabilität und Fehlerunverträglichkeit. Das gilt auch für die zukunftsweisende Disziplin und Verbundwissenschaft Bionik.**

Und das aus vier Gründen:

1. Bedauerlicherweise haben die Menschen trotz aller Appelle von Experten immer noch nicht verstanden, dass man nicht gegen die Natur, sondern nur mit ihr überleben kann! Wer die Grundlagen und Mechanismen der Evolution Schritt für Schritt zerstört, beraubt sich der fundamentalen Grundlage der Bionik und deren zukunftsweisender Lösungen.
2. Bionische Forschung und Entwicklung fokussiert ihr Ziel noch zu sehr auf den einzelnen Effekt, Organismus oder auf das einzelne technisch vorbildhafte Detail. Mit dieser oft monokausalen Arbeitsstrategie wird das natürliche Vorbild künstlich in ein isoliertes „Forschungsobjekt“ versetzt und so von seiner vernetzten Realität abgeschnitten. Die vielfache Konsequenz ist: biologischer Effekt erkannt – bionisches Modell erstellt – aber untauglich für den Markt!
3. Auch nach 50 Jahren bionischer Forschung sehen Bionikexperten die Bionik nicht als Verbunddisziplin, sondern stellen nur ihren fachspezifischen Beitrag in den Vordergrund. Vermischte Arbeitsteams aus allen Disziplinen sind rar gesät. Diese Zerstückelung ist ein wesentlicher Grund dafür, dass bionische Produkte und Verfahren noch keinen durchschlagenden und nachhaltigen Markterfolg erzielt haben.
4. Die laufende inflationäre Ausbreitung der Bionik (viele glauben Bioniker zu sein, wenn ihnen nur in einer Fernsehshow ein Bionik-Experiment halbherzig erklärt wurde) oder der Sprung auf den Zug der teils publizistisch ausgeschlachteten Pseudobionik ist genau der bekannte quantitative Effekt, welcher der Qualität der Bionik mehr schadet als nützt.

Was fehlt, ist ein qualitätsorientierter Bionik-Maßstab, eine verständliche Strategie zum systematischen und systemischen Arbeiten im Bionik-Umfeld. Qualität und Nachhaltigkeit sind dabei



*Ein Klassiker der Bionik: Die Selbstreinigungsfähigkeit der Lotusblume wird auf technische Oberflächen übertragen.*

*Foto: independent-c/pixelio*

### Exkurs – Nachteile linearer Strategien

In anderen technischen, wirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Bereichen strategischer Lösungsfindung, wo es offensichtlich ist, dass komplexe – und weniger komplizierte (!) – Zusammenhänge vorliegen, dominieren immer noch linear ausgerichtete Strategien zur Lösung von Problemen. Die Energiekrise der 1970er-Jahre hat im Rückblick deutlich gezeigt, wie unzutreffend die Energie-Prognosen („Lichter gehen aus“ bei Atomkraftwerks-Abschaltung) großer Energieversorgungsunternehmen waren, die sich weitgehend auf lineare Modell-Zusammenhänge von in Wahrheit komplexer Vernetztheit gestützt haben. Einzig ein kleines „Büro für Energieberatung und ökologische Konzepte“ erzielte u. a. mit dem Werkzeug der Sensitivitätsanalyse realistische Ergebnisse, nämlich ein Stromeinsparpotenzial von 58 Prozent bezogen auf Hessen (ebök 1986). Normale Katastrophen (Dreizel/Stenger, 1990; Perrow, 1989) im Bereich von Großtechniken – insbesondere Kernkraftwerke – zeigen bis auf den heutigen Tag das Festhalten an falschen strategischen Modellen zur „Beherrschung“ von komplexen Zusammenhängen für die Sicherheit ihrer Produkte, auch wenn bereits in einigen hochkomplexen Organisationen das „Unerwartete“ fehlertolerant gemanagt wird. Schließlich zeigt die gegenwärtige erdweite Finanz-, Wirtschafts- und Gesellschaftskrise, wie die teils irrsinnige Fixierung auf einen linearen Wachstumsglauben vorhandene, aber völlig ignorierte komplexe Zusammenhänge bis an den Rand des Chaos bringen können. Dasselbe gilt im Übrigen auch für alle Konfliktsituationen ziviler oder militärischer Art, die komplexe Zusammenhänge nicht oder nur unzureichend erkennen und daher falsche lineare Schlussfolgerungen ziehen, mit teils verheerenden Auswirkungen (vgl. u.a. Korneilius 2009).

zwei generelle Merkmale, die auf dem Weg zu einem entwickelten Bionikprodukt untrennbar miteinander verbunden sein sollten. Wer für die Technik von der Natur lernen will, muss akribisch hinschauen, ohne den Blick für das Ganze zu vernachlässigen. Der notwendige Schlüssel zum bionischen Erfolg führt über das Verstehen von komplexen Zusammenhängen.

Eine systemische Bionik mit zugehörigem Management ist in ihrer Struktur dynamisch vernetzt. Sie ist in eine evolvierende Organisation eingebunden, die nicht ausschließlich die spezifische Produkteigenschaft, sondern primär die Überlebensfähigkeit des Produktes in einer sich verändernden Umwelt optimiert. Der Entwicklungsverlauf von der Idee zum Marktprodukt unterliegt einem Wirkungsnetz. Es beinhaltet alle Einflussgrößen, die den eingeschlagenen Entwicklungsweg zu einem vorteilhaften Bionik-Ergebnis – sei es ein Produkt, ein Verfahren oder eine Organisation – fördern, beeinträchtigen, bremsen, stören oder stoppen könnten oder können. Alle Einflussgrößen stehen in dynamischer Wechselwirkung zueinander, so dass Systemstörungen toleriert und ausgeglichen werden können. Es sind die zu optimierenden wechselseitigen Interaktionen in diesem Wirkungsnetz, die schließlich bestimmen, ob eine bionische Lösung das Prädikat „umweltökonomisch nachhaltig“ verdient oder nicht.

### Komplexität verstehen lernen!

Ob es intelligente Materialkompositionen sind, perfekte Techniken zur Selbstreparatur, hochwirksame angepasste Bewegungsformen, eine Fülle von bisher technisch unerreichten Sende- und Empfangsmechanismen, perfekt aufeinander abgestimmte und verlustarme Energieverbünde, raffinierte Verpackungstechniken oder ausgeklügelte Materialkreisläufe ohne den geringsten Abfall: Die Natur liefert uns eine Fundgrube unerschöpflicher Lösungsbeispiele für bionische Arbeiten.

Die methodische Übertragbarkeit der systemischen Entwicklungs- und Lösungsstrategie ist auf jedes wirtschaftliche, politische oder allgemein gesellschaftliche Problem in einer vernetzten komplexen Umwelt anwendbar. Die notwendige Voraussetzung dafür ist leicht zu erfüllen: die Umkehr der Sichtweise auf Probleme, statt gekoppelt lineares nun vernetztes Denken und Handeln:

- ◆ Wer, statt eine Vielzahl von Automobilen zu bauen, eine nachhaltig wirksame und barrierefreie Mobilität als Ganzes optimiert,
- ◆ wer keine Produktoptimierung von Faxgeräten, Druckern oder Kopierern betreibt, sondern die Kommunikation an sich optimiert,
- ◆ wer keine parteigebundene Zweckpolitik, sondern überlebensverträgliche politische Lösungen anstrebt,
- ◆ wer sein Unternehmen dahin führt, sich selbst zu steuern bzw. zu regeln, statt es zu steuern,

der ist auf dem richtigen und notwendigen Weg, umweltökonomisch, problemvorbeugend, fehlertolerant und nachhaltig – nicht zuletzt auch im Sinne des 1987er UN-Berichts der Brundtland-Kommission – zu agieren.

Die Komplexität natürlicher Vorbilder ist immens. Die Natur ist unübertroffen als Meisterin auf dem Feld kleinster bis größter Verbundbauteile. Was der Mensch beispielsweise mit der sogenannten Nanotechnik mühsam und mit hohem Aufwand zuwege bringt, ist für die Natur längst ein „alter Hut“. Natürliche Netzwerke zwischen Organismen und ihre Art der Verflechtung von Materialverarbeitung, Energiewandlung und Verständigung hinreichend zu verstehen, wird für uns Menschen noch über Jahrzehnte eine große Herausforderung sein.

Im Vergleich mit herausragenden Eigenschaften der Natur, wie perfekte Selbstheilung, generellem Organismenwachstum bei Niedertemperatur oder gänzlich abfallfreie Verarbeitung periodisch wiederkehrender, riesiger Mengen an Material innerhalb unzähliger Materialkreisläufe, sind wir mit unserer Technik noch im „Säuglingsstadium“. Es liegt in der Natur der Sache, dass es nicht gerade leicht ist, Mechanismen und Prinzipien für das Überleben in einer komplexen Umwelt realistisch zu erkennen und nachhaltige Transferlösungen für technische Anwendungen zu entwickeln. Insbesondere auch deshalb, weil uns die Komplexität der Natur und der darin lebenden Organismen vor eine schier unlösbare Aufgabe stellt, an der wir letztlich mit unserem anezogenen kausalen und monokausalen Denken und Handeln scheitern müssen. Der Ausweg, sich die natürlichen energetischen, stofflichen und informativen Effizienzen durch die Bionik für die Technik trotzdem zugänglich und nutzbar zu machen, liegt in der Abgeschlossenheit der Detailerkundung – jedoch vielfach ohne die komplexe Vernetztheit des Organismus mit in die methodische Zielerfassung und Lösung einzubeziehen. Dies ist das Dilemma des gegenwärtigen Bionik-Managements und die Logik des Misslingens dauerhaft vorteilhafter Bionikprodukte!

Bionik ist eine Zukunftswissenschaft, die gegenüber etablierten Wissenschaften zeigen muss, dass man mit ihr – ohne ängstliches Herantasten an oftmals völlig neue reale Komplexität, die eben nicht ignoriert oder linearisiert werden kann und darf – auf systematischem und systemischem Weg oftmals überraschende Produktlösungen mit hoher Effizienz erzielen kann. Für Generationen ist noch ausreichend Arbeit vorhanden, den Ideenreichtum der Natur zu erkennen und daraus bionisch nachhaltige Produkte zu entwickeln. Bionisch nachhaltig sind Produkte, die Prinzipien biologischer Material-, Energie- und Informationsflüsse beinhalten (Küppers 2000a). Sie bestehen aus Materialien, die keine dauerhafte Umweltzerstörung nach sich ziehen, sind in hohem Maß wiederverwertbar oder wiederverwendbar, erfüllen (Multi-)Funktionen unabhängig vom Produktwachstum, lassen sich folgenfrei nach dem Wertschöpfungsprozess zerlegen und für neue Produktgenerationen teils symbiotisch wieder verarbeiten. Ähnliche bioanaloge, aber differenzierte Merkmale gelten für bionische Verfahren und Organisationsabläufe.

### Korrespondenz des Lernens

Lässt man aus heutiger Sicht die Gedanken um die Bionik und ihren zukünftigen Weg kreisen, dann scheint wenig für einen Paradigmawechsel zu einem systemischen Bionik-Management nachhaltiger Produkte zu sprechen. Trotzdem ist der Zeitpunkt überfällig, diesen Weg aufzuzeigen. Basis und Orientierung eines neuen systemischen Bionik-Managements ist die Korrespondenz des Lernens, wie sie grafisch in Abbildung 1 festgehalten ist. Die beinahe 50 Jahre alte Bionik hat den Schlüssel, die Ziele der Ökonomisierung und Ökosystemisierung sinnvoll und nachhaltig miteinander zu verbinden. Überlebensstrategien in einer komplexen technosphärischen Umwelt erfordern jedoch von der Bionik das notwendige Umdenken von übertriebener Produktfixiertheit zu mehr Systemorientierung. In diesem Sinne ist die Korrespondenz des Lernens als ein neuer system-orientierter Leitfaden für nachhaltige Produkte, Prozesse und Organisationsformen zu verstehen.

Die beiden in Abbildung 1 nebeneinandergestellten Entwicklungspfade – zu lesen von Ebene 1 bis Ebene 3 – sind weitgehend selbsterklärend. Links beherrschen lineare analytische Strategien und Verfahren den Entwicklungsweg. Rechts zeigen problemangepasste und vernetzte Strategien einen Entwicklungsweg mit Auswirkungen, skizziert in einem Kreislauf, der kontrolliertes Wachstum, Verträglichkeit und Fortschritt miteinander verbindet. Diesem neuen Entwicklungspfad der Technosphäre ist weniger eine produktfixierte Sicht, als vielmehr das neue systemische Bionik-Management eigen. Welche grundlegenden „Werkzeuge“ wir dabei in Form von Naturprinzipien



Udo Küppers lehrt als Privatdozent Bionik und Systemisches Denken und Handeln an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg.

„**Seien wir nachsichtig mit Menschen, die meinen, Komplexität lasse sich einfach ‚eintüten‘. Sie haben es nicht anders gelernt.**“

Birger Priddat zitiert in W. Lotter: Einfach mehr, brand eins, H.1, 2006, S.48.

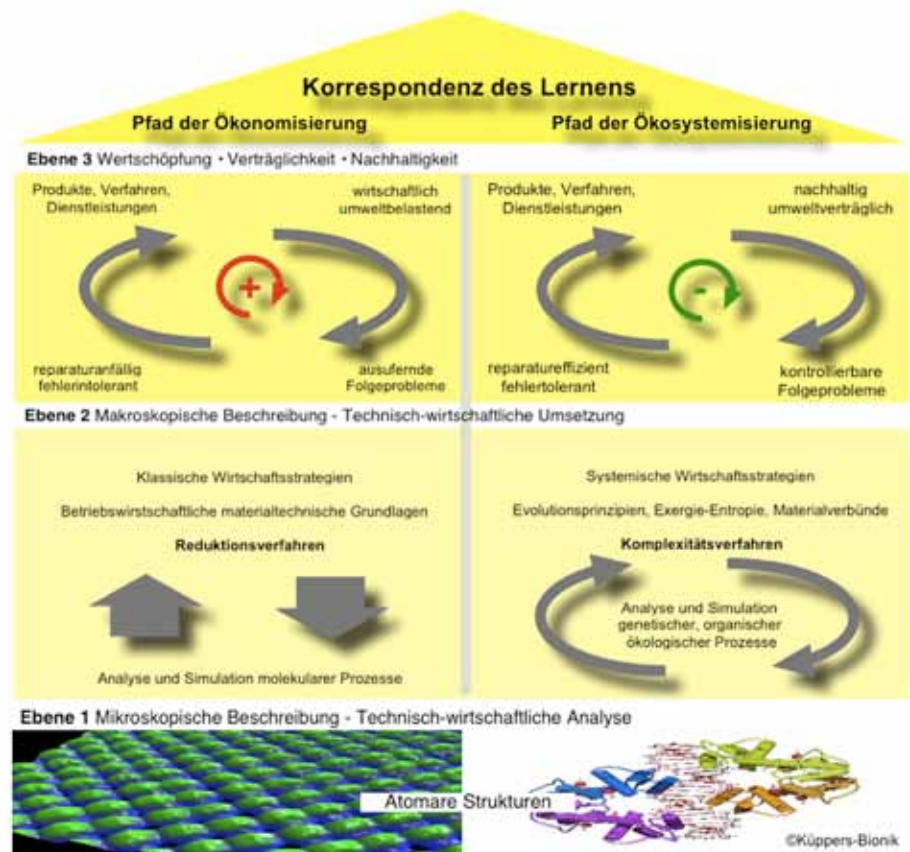


Abb. 1: Korrespondenz des Lernens

und -gesetzen berücksichtigen müssen, um Organisationen und Prozesse, aus denen letztlich Produkte und Dienstleistungen erwachsen, zukunftsfähig bzw. nachhaltig entwicklungsfähig zu gestalten, wird in der Literatur (z.B. Küppers 2008, 2004, 2000a, 2000b; Vester 1999) ausreichend beschrieben. Nicht zu verkennen ist, dass zwar durch Strategien der Produkt-Lebenskreislauf-Einschätzung (Product-Lifecycle-Assessment [PLA]) oder des Produkt-Lebenszyklus-Managements (Product-Lifecycle-Management [PLM]) systemorientierte Ansätze in der Wirtschaft verfolgt und angewendet werden (Ciupek 2009). Diese sind aber noch voll im Pfad der Ökonomisierung integriert und noch weit entfernt von einer nachhaltigen Entwicklung auf dem Weg der Ökosystemisierung nach Abbildung 1.

**Bionik** ist ein Kunstwort aus Biologie und Technik mit einer nahezu 50-jährigen Geschichte. Es wurde erkannt, dass Konstruktionsmerkmale, Verfahrensprozesse und Prinzipien natürlicher Entwicklungen Wirkungsgrade besitzen, die denen technisch analoger Produktlösungen weit überlegen sind. Daraus entwickelte sich ein breites Spektrum bionischer Forschung mit einer Vielzahl von Anwendungen, die von der Architekturbionik über Energiebionik, Neurobionik, Organisationsbionik, Sensorbionik, Verpackungsbionik bis zur Werkstoffbionik reichen. Zahlreiche Fachbücher, Patente und technische Lösungen illustrieren den immensen Innovationsreichtum der Natur und deren technischen Nutzen.

### Das aggregierende Wirkungsnetz

Das aggregierende Wirkungsnetz ist ein starkes Werkzeug zur Erfassung realer vernetzter Zusammenhänge in komplexer Umgebung. Es unterscheidet sich daher deutlich von den Hilfswerkzeugen zur Erfassung linearer Beziehungen, den Tabellen bzw. tabellarischen Kalkulationsprogrammen. Wirkungsnetze bestehen aus nur zwei Standardgrößen. Diese sind:

1. reale Einflussgröße, Merkmal, Argument oder Element und
2. real gerichtete Beziehung, Interaktion, Rückkopplung zwischen Einflussgrößen.

Der realen Einflussgröße kann ein bestimmter Wert zugeordnet werden, der durch einen Beziehungspfeil unterschiedlicher Gewichtung und Richtung verändert werden kann. Ausgehend von einfachen Zweierbeziehungen, wie sie exemplarisch in Abbildung 2 gezeigt sind, können sich

diese Wirkungsbeziehungen zu einer komplexen Struktur mit einer Vielzahl von Einflussgrößen und Interaktionen entwickeln, in der sogenannte Rückkopplungsprozesse eine wesentliche Rolle für die Instabilität und Stabilität des gesamten Netzwerkes – besser: für das die realen Zusammenhänge eines Problems erfassende Wirkungsnetz – spielen.

Die Natur ist voll von rückgekoppelten Beziehungen, innerhalb des Stoffwechsels von Organismen und zwischen den Organismen. Auch technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Zusammenhänge sind hochgradig rückgekoppelt. Dabei spielt – wie oben angesprochen – die Richtung der Rückkopplungskaskaden eine ganz entscheidende Rolle im vernetzten Verbund. Sich permanent verstärkende Beziehungskaskaden (Pluszeichen) führen irgendwann zu einem Kollaps, sich permanent schwächende Beziehungskaskaden (Minuszeichen) zum Stillstand oder Tod in der Natur bzw. zu Katastrophen und Stillstand in der Technik. Positive und negative Rückkopplungen führen gemeinsam zu einem stabilisierenden Gesamtzusammenhang des betrachteten komplexen Systems. Bei natürlichen komplexen Prozessen spricht man in diesem Zusammenhang von einem dynamischen Gleichgewicht, wobei die negativen Rückkopplungen – welcher Art auch immer – die stabilisierende Elemente im komplexen Wirkungsnetz sind.

Die verzweifelte Suche nach negativen (stabilisierenden) Rückkopplungen innerhalb hochkomplexer Zusammenhänge, wie wir sie beispielsweise mit der zunehmenden Klimaproblematik oder bei großtechnischen Anlagen immer stärker zu spüren bekommen, ist daher ein nicht hoch

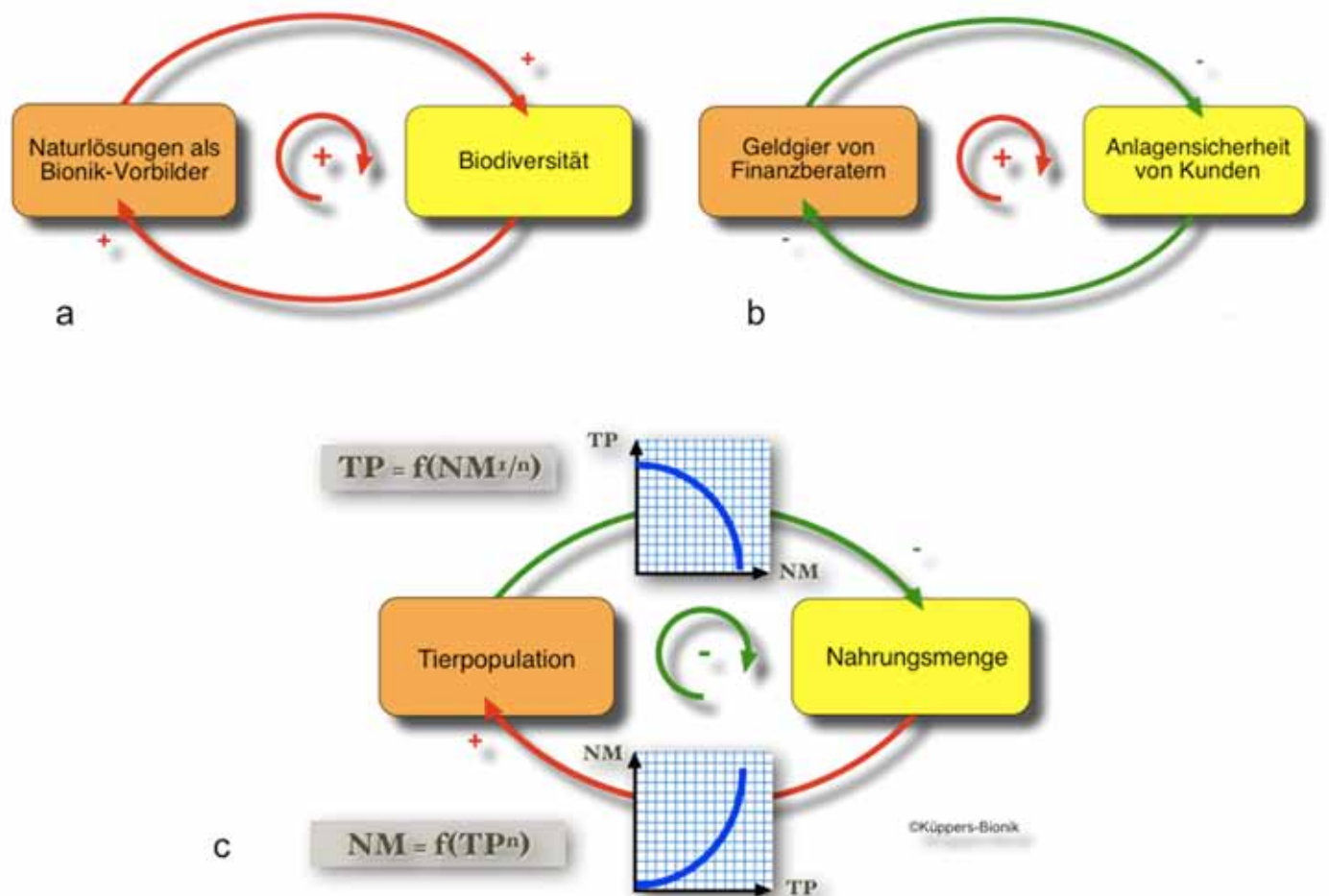


Abb. 2: Wirkungsbeziehungen zwischen zwei Elementen mit positiver bzw. negativer Rückkopplung.

**Literatur:**

ebök (Büro für Energieberatung und ökologische Konzepte), Stromeinsparpotentiale im privaten Haushaltsbereich in Hessen, im Auftrag des Hessischen Ministerium für Umwelt und Energie, 1986.

Ciupke, M., Innovative Unternehmen denken in Prozessen, VDI-Nachrichten, Nr. 44, 30.10.2009, S. 6.

Dreizel, H.-P./Stenger, H. (Hrsg.), Ungewollte Selbstzerstörung, Campus-Band 1035, Frankfurt a. M. 1990.

Küppers, E. W. U., Bionik des Organisationsmanagements, iomanagement Nr. 6, S. 22-31, ETH-Zentrum für Unternehmenswissenschaften BWI, 2000.

Küppers, E. W. U., Diskurs mit der Natur, in: Reinauer, P., bionicprocess Bionik als Vorbild für Gestaltung von Organisationsprozessen, Saarbrücken 2008, S. 141-169.

Küppers, E. W. U., Bionik und Wirtschaftlichkeit – Versuch einer Annäherung, in: Biologie in unserer Zeit, Nr. 5, 34. Jg., 2004, S. 316-323.

Küppers, E. W. U., Cui bono? Denkansätze und Problemlösungen der Bionik, in: Blumenstein, O. et. al., Grundlagen der Geoökologie, Berlin 2000b.

Vester, F., Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität, DVA, Stuttgart 1999.

Kornelius, S., Der unerklärte Krieg – Deutschlands Selbstbetrug in Afghanistan, edition Körber-Stiftung, Hamburg 2009.

Perrow, Ch., Normale Katastrophen, Campus-Band 1028, Frankfurt a. M. 1989 (Original: Normal Accidents 1984).

United Nations General Assembly, Development and International Economic Cooperation (Brundtland-Bericht), in: Environment, 4.8.1987.

genug zu bewertendes Ziel. Ihr Erfolg wird unsere zukünftige Lebensweise und unser Überleben direkt beeinflussen. Der vorherrschende Mangel an Erkenntnissen über komplexe Zusammenhänge und somit auch über negative Rückkopplungen kann schon an alltäglichen Situationen festgemacht werden, wie sie als Folge kleiner verketteter „Unglücke“ bzw. verpasster Ereignisse schon jeder erlebt hat. In Abbildung 2 finden sich drei grundlegende Kausalitäten, wie sie in vielfacher Vernetztheit in allen Lebens- und Arbeitsbereichen anzutreffen sind. Grundsätzlich können wir zwei verschiedene Arten von Beziehungen mit drei Folgewirkungen in einem Wirkungsnetz unterscheiden:

1. Pluszeichen bedeutet positive Wirkung mit Verstärkungseffekt von Einfluss zu Einfluss: je stärker Ursprungselement 1, desto stärker Folgeelement 2 oder je schwächer Ursprungselement 1, desto schwächer Folgeelement 2 (Wirkungsnetz a).
2. Minuszeichen bedeutet negative Rückkopplung mit Stabilisierungseffekt von Einfluss zu Einfluss: je stärker Ursprungselement 1, desto schwächer Folgeelement 2 oder inverse Wirkungsbeziehung (Wirkungsnetz b).

Rückgekoppelte Beziehungen derselben Vorzeichen („+“ und „+“ oder „-“ und „-“) wie in Abbildung 2 führen zu permanenten Selbstverstärkungen (Aufwärtsspirale der Wirkung) oder Selbstschwächungen (Abwärtsspirale der Wirkung) bis zu Grenzwerten, bei denen es zu Katastrophen bzw. Stillstand kommt. Beides ist aus technischen, wirtschaftlichen und allgemein gesellschaftlichen Zielen nicht nur unerwünscht, sondern zu vermeiden. Erst eine ausgleichende Wirkung (Wirkungsnetz c) führt zu der angestrebten dynamischen Stabilisierung der Zusammenhänge, die in dem speziellen wirtschaftlichen Umfeld auch „Wachstum“ nachhaltig und fehlertolerant unterstützt.

Konkret bedeutet Wirkungsnetz a: Je mehr Biodiversität vorhanden ist, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, differenzierte Naturlösungen als Bionik-Vorbilder zu entdecken, und je mehr differenzierte Naturlösungen als Bionik-Vorbilder entdeckt werden, umso größer ist die Biodiversität. Für das Wirkungsnetz b gilt analoges, nur mit gegenseitig schwächender Wirkung.

### Qualitative und quantitative Erfassung von Beziehungsmustern

Die Beschreibung dieser einfachen kausalen Zweierbeziehung in Wirkungsnetz a zeigt die prinzipielle qualitative Bewertung eines komplexen Zusammenspiels. Komplex deshalb, weil Wachstumsprozesse, die zu Biodiversität führen und Suchprozesse nach Naturlösungen durch den Menschen dynamische Vorgänge sind, die sich mit der Zeit ändern. Es handelt sich um eine qualitative Bewertung, weil sich die Intensität der Interaktion (darstellbar durch die Dicke der Pfeile) ändern kann (in größeren Wirkungsnetzen auch die Richtung!). Die quantitative Bewertung der Beziehung kommt ins Spiel, wenn die miteinander verbundenen Elemente Werte zugewiesen bekommen, die sich in Form mathematischer Funktionen ausdrücken lassen. Das grafische Wirkungsnetz c in Abbildung 2 zeigt dazu ein Beispiel.

Aus diesen einfach zu handhabenden „Werkzeugen“ zur Erfassung von Beziehungsmustern kann sehr schnell ein komplexes reales Netzwerk entstehen. Monokausale bzw. kausale Entwicklungsstrategien sind hier an die Grenze wirksamer Lösungsermittlungen gekommen.

Der im nächsten Heft zu behandelnde schrittweise Verlauf von der klassischen Produktbionik zum systemischen Bionik-Management wird ähnlich den vorab skizzierten Wirkungsnetzen verlaufen und eine zunehmende Zahl von Einflüssen berücksichtigen, die die vernetzte Gesamtheit der Wissenschaftsdisziplin Bionik deutlich hervorheben.

**Kontakt:**

Dr.-Ing. E. W. Udo Küppers  
Küppers-Bionik  
Angewandte Systemische Forschung  
und Entwicklung  
Hauptmann-Böse-Weg 9  
28213 Bremen  
Tel.: +49 421 201 01 03  
E-Mail: kueppers@uni-bremen.de