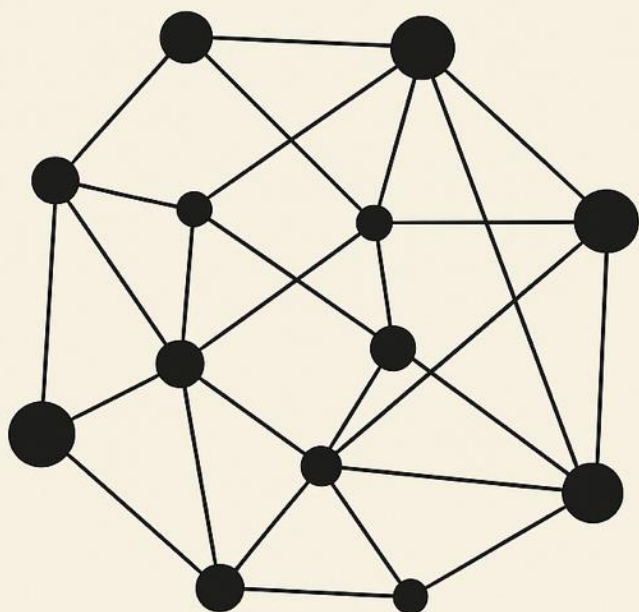


Konzepte der Komplexität

Eine sehr kurze Einführung



Michael Frahm

Konzepte der Komplexität

für T, F, A^2



Konzepte der Komplexität

Eine sehr kurze Einführung

Michael Frahm



Impressum:

Hinweis zur Nutzung:

Dieses Buch darf kostenlos geteilt, weitergegeben und heruntergeladen werden. Eine kommerzielle Nutzung ist nicht vorgesehen und gestattet.

Der Autor geht davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Der Autor übernimmt, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Illustration und Text: Michael Frahm; frahm@portalarte.de

Korrektur: Jörg Querner, Anti-Fehlerteufel

1 Auflage, 2025



www.systemspractice.org

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	10
Einleitung	12
Naturwissenschaften	17
Henri Poincaré	17
Edward N. Lorenz.....	19
Benoît Mandelbrot	21
Allgemeine Systemtheorie	23
Ludwig von Bertalanffy.....	23
Kenneth Boulding	25
Frühe Kybernetik	27
Norbert Wiener	27
Warren McCulloch	29
Ross Ashby.....	31
Gregory Bateson.....	33
Späte Kybernetik	35
Heinz von Foerster	35
Stafford Beer	37
Humberto Maturana	39
System Dynamics	41
Jay Wright Forrester	41
Donella Meadows	43
Peter Senge	45
Komplexitätstheorie	47
Ilya Prigogine	47
John H. Holland	49

Stuart Kauffman.....	51
David Snowden	53
Yaneer Bar-Yam.....	55
Psychologie, Soziologie und Philosophie.....	57
Kurt Lewin.....	57
Niklas Luhmann	59
Klaus Mainzer.....	61
Biologische und ökologische Systeme.....	63
James Lovelock.....	63
Frederic Vester	65
Lynn Margulis	67
Fritjof Capra.....	69
Hard Systems, Soft Systems and Critical Systems.....	71
Russell Ackoff	71
Peter Checkland.....	73
Mike C Jackson	75
Management	77
Peter Drucker.....	77
Hans Ulrich	79
Fredmund Malik.....	81
Ralph D. Stacey.....	83
Systemische Beratung und Systems Practice	85
Fritz B. Simon	85
Patrick Hoverstadt	87
Zusammenfassung.....	89
Kritische Reflektion	93
Umgang mit Komplexität in wenigen Schritten.....	94
Kurzübersicht Akteure.....	97
Literaturempfehlungen	112

Onlineempfehlungen	113
Glossar	115
Abkürzungsverzeichnis	118
Danksagung	120

Vorwort

Das Buch ist während Diskussionen und Vorträgen im Rahmen meiner Verbandstätigkeit entstanden. Hier habe ich immer wieder festgestellt, dass Beteiligte, aber auch ich selbst, meistens nur eine oder zwei Handvoll von Akteuren kennen, welche sich mit Komplexität auseinandergesetzt haben. Dabei fielen häufig die immer gleichen Namen wie: *Wiener, Ashby, Bateson, Beer, von Foerster* und im deutschsprachigen Raum hauptsächlich *Luhmann*. Das empfand ich als einseitig und in mir wuchs der Wunsch, mich tiefergehend mit der Thematik und verschiedenen Akteuren zu beschäftigen.

Ausgangspunkt war dann das Buch von *Ramage und Shipp* "Systems Thinkers", welches eine sehr gute Übersicht über 30 verschiedene Denker aufzeigt und diese jeweils über mehrere Seiten einer Denkschule (Kybernetik, Allgemeine System-Theorie etc.) zuordnet und den jeweiligen Akteur auch anhand seiner Original-Schriften beschreibt. Parallel dazu habe ich natürlich die Map of Complexity Sciences von *Castellani* und *Gerrit* studiert, die eine unglaubliche Fülle an Akteuren und Verknüpfungen aufweist. Fast schon zu viele für meinen Geschmack. Im Weiteren wurde dann das Buch von *Mike C. Jackson* "Critical Systems Thinking and the Management of Complexity" durchgearbeitet, das Akteure, Entstehung, Zusammenhänge sehr apodiktisch beschreibt und zu empfehlen ist, aber mit ca. 700 Seiten keine leichte Lektüre darstellt. Darauf aufbauend kamen Bücher zur Entstehung des Santa Fe Institutes hinzu, darunter beispielsweise „Inseln im Chaos“ von *M. Mitchell Waldrop* und auch das Buch "What is a complex system" von *Ladyman* und *Wiesner*. Abschließend erfolgte dann das Studium der Bücher von *Fritjof Capra*, hier insbesondere sein Werk "The Systems View of Life". Nun, insgesamt haben sich so einige Jahre Lese- und Diskussionszeit ergeben und es ist eine Karte „für mich“ relevanter Akteure entstanden, die ich mit mir trage und deren Zusammenhänge ich nachvollziehen kann.

Das vorliegende Buch soll kein Klassiker und kein Standardwerk sein und ist auch kein wissenschaftliches Buch. Es ist fraglich, ob es überhaupt den Namen „Buch“ verdient hat oder ob man es besser Büchlein nennen soll. Es soll ein leichter Einstieg sein. So leicht es eben geht und soll eine Anzahl von Akteuren jeweils auf 1 bis 2 Seiten vorstellen, die einen Beitrag zum Umgang mit Komplexität geleistet haben. Eines kann auch festgehalten werden: Das Buch ist unvollständig. Es fehlen mit Sicherheit Akteure, die für den einen oder anderen sehr wichtig und inspirierend sind. Ja, das ist Fakt, diese Arbeit

ist unvollständig, wer sich aber die “Map of Complexity Sciences” von *Castallani* und *Gerrit* anschaut, der weiß, dass, wenn man eine leichte und kurze Einführung in das Thema verfassen will, man eine Auswahl treffen muss und die dann unvollständig ist. Das liegt in der Natur der Sache. Um ehrlich zu sein, stehen auf meiner Liste noch ein paar mehr Namen, sowohl historische als auch zeitgenössische, aber die Abgrenzung ist für diese Auflage so, wie sie ist, insbesondere um den Text überschaubar zu halten. Da die 1. Auflage eine „sehr kurze Einführung“ ist, werden vielleicht in einer folgenden Auflage Akteure ergänzt, auf welche ich hingewiesen werde und welche sich in die Gesellschaft der Koryphäen einreihen können. Und vielleicht wird dann irgendwann aus einer „sehr kurzen Einführung“ eine „kurze Einführung“.

Das nächste Thema ist die Zuordnung und Einteilung zur jeweiligen Denkschule, auch hier wird es sicherlich Kritiker geben, die sagen, es sei nicht korrekt, diesen oder jenen Akteur dieser Denkschule zuzuordnen. Viele Akteure kann man auch mehreren Kategorien zuordnen, siehe z.B. *Fredmund Malik*, der natürlich Kybernetiker ist, aber auch wichtige Beiträge zum Management geleistet hat. Grundsätzlich habe ich mich bei der Einteilung an den oben genannten Werken orientiert, die häufig aber auch einen Vorbehalt vornehmen. Eine exakt wissenschaftliche Zuordnung ist das hier nicht, das Feld der dogmatischen Arbeit wird anderen überlassen. Dennoch ist die Zuordnung von praktischer Natur und hilfreich zur Schaffung der eigenen Karte im Kopf.

Meine persönliche Lese-Empfehlung des Büchleins lautet wie folgt: Immer einen Akteur lesen und dann über eine Woche reflektieren und andere Quellen heranziehen. Mittlerweile gibt es im Internet zu jedem Akteur eine Fülle guter Informationen. Egal ob Videos, Artikel, Wikipedia-Einträge, Bücher usw. Ich empfehle dieses Vorgehen, denn damit kann der Leser ein wenig die Entstehung des Buches nachvollziehen. Das Buch muss dabei nicht linear gelesen werden, sondern man kann die Akteure so lesen, wie es einem beliebt. Das Wichtigste, auch wenn es eine kurze Einführung ist: Das Lesen und Reflektieren muss nicht schnell gehen, sondern es soll der eigenen Erkenntnis dienen.

Einleitung

Das Zitat von Stephan Hawking bringt es gut auf den Punkt:

„I think the next century will be the century of complexity.“

Komplexität ist längst kein abstrakter Begriff mehr. Komplexität prägt unseren vernetzten Alltag, unsere Gesellschaft, unsere Technologie und unser Selbstverständnis wie nie zuvor. Wer Komplexität ignoriert, bleibt stehen. Wer sie versteht, gestaltet die Zukunft.

Wer dieses Buch gelesen hat, der hat einen besseren Überblick über verschiedene Konzepte, mit Komplexität umzugehen, und wird Komplexität aus verschiedenen Perspektiven wahrnehmen, verstehen und für sich entdecken. Das Buch beinhaltet hierfür elf verschiedene Kategorien und darin enthalten 36 Akteure aus verschiedenen Bereichen. Jeder der Akteure hat auf seine Weise mit einem oder mehreren Konzepten zum Umgang mit Komplexität beigetragen. Als Konzept wird hierbei eine Idee, ein Modell, eine bestimmte Herangehensweise oder zentrale Prinzipien verstanden, welche einen Ansatz zum Verstehen von oder zum Umgang mit Komplexität anbieten.

Komplexität wird vorliegend gar nicht ausdrücklich definiert, da viele verschiedene Bereiche einen unterschiedlichen Zugang und eine unterschiedliche Definition von Komplexität haben. So verbindet der Informatiker mit Komplexität Rechenaufwand, der Sommelier beim Wein hingegen Geschmackstiefe und der Managementkybernetiker denkt an Ashbys Law of Requisite Variety. Eigenschaften, die Komplexität ausdrücken, werden aber genannt, diese sind: Selbstorganisation, Emergenz, keine zentrale Kontrolle, verschachtelte Strukturen, Anpassungsfähigkeit, Robustheit, Nichtlinearität, Pfadabhängigkeit und viele unterschiedliche Elemente und Interaktionen. Wer die Eigenschaften vertiefen möchte, dem sei das Buch “What is a complex system” von Ladyman und Wiesner empfohlen. Ein längerer Abschnitt des Buches ist den Eigenschaften gewidmet.

Wie gesagt, eine allgemein gültige Definition zur Komplexität bleibt dieser Text schuldig, aber eine nicht mathematische Faustformel bietet er an. In den zwei Jahrzehnten, in denen ich mich schon mit den Facetten der Komplexität beschäftige, hat sich für mich folgende Faustformel herausgebildet:

$$K = (E * B * V)(t)$$

Wobei K für Komplexität steht, E für Elemente, B für Beziehungen der Elemente, V für Verhalten der Beziehungen und (t) für zeitliche Veränderung. Liegt ein soziales System vor, z.B. ein Unternehmen mit 100 Mitarbeitern (E = Elemente), die untereinander verschiedene formale und informale Beziehungen (B) haben und die sich in den Beziehungen unterschiedlich verhalten (V), habe ich eine Grundvorstellung der Struktur von Komplexität gemäß der Faustformel. Wenn nun in Betracht gezogen wird, dass dieses soziale System sich zeitlich (t) verändert, dann liegt eine Vorstellung der Dynamik vor. Die zeitliche Veränderung (t) spielt eine große Rolle.

Das als Beispiel herangezogene Unternehmen ist, was die zeitliche Veränderung angeht, ein eher träges Beispiel. Veränderungen bestehen darin, dass Menschen neueingestellt werden, das Unternehmen verlassen oder die Abteilung wechseln, um nur einige Möglichkeiten der Veränderung zu nennen. Diese träge Dynamik kann sich schlagartig ändern, wenn z.B. Kunden oder Märkte wegbrechen. Oder wenn man in einem anderen Beispiel diese 100 Menschen auf einem Platz laufen lässt und auf einmal, von der einen auf die andere Sekunde, Panik ausbricht. Das ist dann eine schnelle zeitliche Veränderung (t), die zum Ausdruck bringt, welche Dynamik Komplexität haben kann. Ungeachtet dessen ist und bleibt Komplexität, insbesondere in sozialen Systemen, subjektiv und abhängig von der Wahrnehmung und Erfahrungen der Betrachter. Jeder nimmt Komplexität anders wahr.

Als komplexe Systeme werden beispielsweise angesehen: Ameisenhaufen, das menschliche Gehirn, das Internet und unser Heimatplanet die Erde, um nur einige Beispiele zu nennen. Als nicht komplex werden Maschinen angesehen. Klassisches Beispiel ist das Auto, es unterliegt keiner zeitlichen Veränderung, das Verhalten ist vorhersehbar und aus Perspektive der Komplexität trivial. Lenke ich nach rechts, fährt es nach rechts. Dies wird kompliziert genannt. Komplex dahingegen ist der Verkehr, in jedem Auto sitzt ein Individuum, das eigenständig und nicht immer rational reagiert. Das Verhalten eines Fahrzeuges hat Einfluss auf das Verhalten von anderen Fahrzeugen und das Verhalten des Systems ist somit nur bedingt oder nicht vorhersehbar.

Zum Verständnis der Komplexität werden mit vorliegendem Buch elf Denkschulen beziehungsweise Kategorien vorgestellt, die sich mit dem Komplexen befassen. Den elf Kategorien folgend, beginnt es mit den Naturwissenschaften als Basis zum grundlegenden Verständnis von Komplexität und Chaos mit *Poincaré*, *Lorenz* und *Mandelbrot*. Darin anschließend erfolgt die Allgemeine System-Theorie mit *Bertalanffy* und *Boulding*, welche die Zusammenhänge in Systemen und die Notwendigkeit, diese zu benennen, erkannt haben. Die frühe Kybernetik von *Wiener*, *McCulloch*, *Ashby* und *Bateson* legt

den Grundstein für das Verständnis von Komplexität durch den Fokus auf Rückkopplung und Steuerung. Die späte Kybernetik mit *von Foerster*, *Beer* und *Maturana* betont Selbstreferenzialität, Organisation und Autopoiesis. Mit Systems Dynamics um *Forrester*, *Maedows* und *Senge* wird die Modellierung komplexer Systeme durch Feedback-Schleifen und Simulationen weiterentwickelt. Die Komplexitätstheorie um *Prigogine*, *Holland*, *Kauffman*, *Snowden* und *Bar-Yam* leistet Beiträge zum Verständnis emergenter Ordnungen, nicht-linearer Dynamiken und komplexer adaptiver Systeme. In der Psychologie, Soziologie und Philosophie mit *Lewin*, *Luhmann* und *Mainzer* erfolgt die Übertragung systemischer und komplexitätstheoretischer Ansätze auf soziale, kognitive und gesellschaftliche Prozesse.

Der Beitrag des biologischen und ökologischen Systemverständnisses durch *Lovelock*, *Vester*, *Margulis* und *Capra* ergibt neue Einsichten in die Selbstregulation, Vernetzung und Wechselwirkungen lebender Systeme sowie die Ganzheitlichkeit ökologischer Prozesse. Das Hard Systems, Soft Systems und Critical Systems Thinking mit *Ackoff*, *Checkland* und *Jackson* erweitert das systemische Denken durch methodische Ansätze zur Problemlösung, partizipative Modellierung und kritische Reflexion komplexer Systeme. Das Management um *Drucker*, *Ulrich*, *Malik* und *Stacey* verbindet systemisches Denken mit effektiver Führung und adaptiver Organisation. Die zeitgenössische Systemische Beratung mit *Fritz B. Simon* und die Systems Practice mit *Patrick Hoverstadt* führt Vieles der eleganten Theorien der Praxis zu. Leider sind weibliche Akteure in der zurückliegenden Zeitspanne unterrepräsentiert. Ein Fakt, der sich in der Gegenwart hoffentlich ändert.

Der Text über die Akteure folgt dem immer gleichen Dreiklang, der allgemeinen nicht abschließenden kurzen Einführung über den Akteur mit einem Auszug wesentlicher Erkenntnisse. Dem sich daraus ergebenden Konzept, mit Komplexität umzugehen, und letztlich einigen Ideen, die zum praktischen Handeln anregen. In den Fußnoten sind zu jedem Akteur eine Reflektionsfrage als auch eine Mini-Übung platziert. Abschließend gibt es eine Zusammenfassung, eine kurze kritische Reflektion, eine Kurzübersicht und eine ausgewählte Empfehlung für Literatur und Online-Inhalte.

Ziel des Buches war es von Beginn an, nicht mehr als 120 Seiten zu verfassen, irgendwie eine Zahl, die bei diesem übermächtigen Thema mehr zum Lesen einlädt als abschreckt. Das Ziel der Seitenzahl ist gelungen, führte aber zu dem ständigen Abwägungsprozess, was man nicht schreibt. Man könnte sagen, der Unterschied, der den Unterschied ausmacht, lag hier im Weniger. Das Buch macht hoffentlich einen Unterschied und ermutigt den Leser tiefer in die Kaninchenhöhle der Komplexität vorzudringen, diese besser zu

verstehen und dieses Verständnis für die Gestaltung der Zukunft nutzbar zu machen.

Naturwissenschaften



Henri Poincaré

Der französische Mathematiker *Henri Poincaré* (1854–1912) gilt als Begründer der Chaostheorie. Bei seinen Untersuchungen zur Stabilität des Sonnensystems entdeckte er das deterministische Chaos. In der damaligen wissenschaftlichen Welt war das mechanistische Weltbild vorherrschend, unter anderem geprägt durch den französischen Physiker und Astronom *Pierre-Simon Laplace* (1749–1827). *Laplace* vertrat die Vorstellung, dass das Universum wie eine riesige Maschine mit Hilfe einer Weltformel vollständig berechenbar sei. Umso bemerkenswerter, dass *Poincaré* während seiner Schaffenszeit zu dem Schluss kam, dass kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen große Abweichungen im Ergebnis zur Folge haben können. Damit stellte er die Idee infrage, dass eine vollständige Berechnung der Zukunft allein auf Grundlage der gegenwärtigen Zustände möglich sei.

Während der Laplacesche Dämon – ein hypothetisches Wesen – theoretisch in der Lage wäre, alle zukünftigen Ereignisse vorherzusagen, zeigte *Poincaré*, dass dies in realen Systemen nicht funktioniert. Damit widerlegte er eine zentrale Annahme des klassischen Determinismus und schuf die Basis für ein neues Verständnis komplexer und dynamischer Systeme. *Poincaré* zeigte somit, dass präzise Vorhersagen in komplexen Systemen nur eingeschränkt möglich sind.

Konzept: *Henri Poincaré* zeigte, dass dynamische Systeme empfindlich auf kleinste Änderungen ihrer Anfangsbedingungen reagieren und langfristig unvorhersehbar sein können. Damit legte er den Grundstein der Chaostheorie und trug wesentlich zum Verständnis komplexer Systeme bei.

Praktisches Handeln: Sensibilität für Kleinstveränderungen und sogenannte Weak Signals entwickeln. Weak Signals sind subtile, oft unauffällige Hinweise auf mögliche zukünftige Entwicklungen oder Veränderungen im System. Sie können erste Anzeichen für größere Umbrüche sein, lange bevor diese offensichtlich werden. Es erfordert Aufmerksamkeit, Offenheit und eine Kultur der Beobachtung, um diese Signale frühzeitig wahrzunehmen und richtig zu deuten. Beispiel: Das Management bemerkt, dass Mitarbeiter vermehrt neue Ideen in informellen Gesprächen, etwa in der Kaffeeküche oder in Chats, statt in regulären Meetings teilen. Dies könnte ein schwaches Signal für eine Veränderung der internen Kommunikation oder ein Bedürfnis nach anderen, flexibleren oder innovativeren Arbeitsmethoden sein. Ein achtsames Management könnte darauf reagieren, indem es neue Kommunikationsformate testet und kreative Freiräume schafft. Ein bewusster Umgang mit solchen Mikrobeobachtungen kann helfen, Trends frühzeitig zu erkennen, Veränderungsprozesse proaktiv zu gestalten und die Anpassungsfähigkeit komplexer Systeme zu stärken.¹

¹ **Reflektionsfrage:** Wo in deinem Leben vertraust du auf Berechenbarkeit, obwohl du tief im Inneren weißt, dass es anders kommt?

Mini-Übung: Wähle eine Situation, die du genau geplant hast. Beobachte, wo sich kleine Abweichungen zeigen und was sie möglicherweise bedeuten. Welche unerwartete Ordnung erkennst du darin?



Edward N. Lorenz

Auch *Edward N. Lorenz* (1917–2008), amerikanischer Mathematiker und Meteorologe, beobachtete, dass bereits kleinste Änderungen der Anfangsbedingungen zu größeren Abweichungen in seinen Wetterprognosen führen konnten. Aus dieser Erkenntnis stammt der populäre Begriff „Schmetterlingseffekt“. Die zugrundeliegende mathematische Struktur wurde nach ihm als Lorenz-Attraktor benannt. Es handelt sich dabei um einen sogenannten seltsamen Attraktor, der auf drei gekoppelten nichtlinearen gewöhnlichen Differentialgleichungen basiert. Der Lorenz-Attraktor beschreibt die Lösungen, auf die das System langfristig zusteuert. In seiner Form erinnert er an einen Schmetterling.

Lorenz' Entdeckungen zeigen, dass Chaos nicht mit Zufälligkeit gleichzusetzen ist, vielmehr offenbaren sich darin Muster und Gesetzmäßigkeiten (siehe hierzu auch das deterministische Chaos bei *Poincaré*), die unser Verständnis von Dynamik und Vorhersagbarkeit grundlegend verändert haben. Der Lorenz-Attraktor zeigt auch, dass komplexe

Systeme Ordnung schaffen und somit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik trotzen.

Konzept: Lorenz' Konzept zum Umgang mit Komplexität basiert auf der Erkenntnis, dass komplexe Systeme sensitiv auf kleine Veränderungen reagieren (Schmetterlingseffekt), dennoch Muster und Strukturen (Lorenz-Attraktor) aufweisen, die helfen, ihr Verhalten besser zu verstehen.

Praktisches Handeln: Dynamik in komplexen Systemen regelmäßig überwachen. Beispiel: Da Vorhersagen nur begrenzt möglich sind, müssen Systeme kontinuierlich beobachtet und angepasst werden. Dies gilt besonders für Groß- und Megaprojekte, bei denen geeignete Risikomanagement-Strategien erforderlich sind, insbesondere solche, welche Black-Swan-Ereignisse und Fat-Tail-Risiken berücksichtigen.

Muster im Chaos erkennen. Beispiel: Auch in scheinbar unvorhersehbaren Systemen gibt es wiederkehrende Strukturen, die genutzt werden können, z.B. in der Wettervorhersage durch Musteranalyse von Klimadaten.

Simulationen nutzen. Beispiel: Aufgrund der Sensitivität gegenüber Anfangsbedingungen helfen Modellierungen wie Monte-Carlo-Simulationen, Zukunftsszenarien unter Unsicherheit zu bewerten.²

² **Reflektionsfrage:** Wann hast du zuletzt wahrgenommen, dass eine winzige Entscheidung dein ganzes System verändert hat, ohne dass du es geplant hattest?

Mini-Übung: Skizziere zwei mögliche Tagesverläufe, die mit nur einer kleinen Entscheidung unterschiedlich ablaufen.



Benoît Mandelbrot

Benoît Mandelbrot (1924–2010) prägte den Begriff der fraktalen Struktur und zeigte, dass zuvor nicht adäquat beschriebene komplexe Strukturen gleiche Eigenschaften wie Selbstähnlichkeit aufweisen. Der mathematische Ausdruck der Mandelbrotmenge ist mit nachstehender Gleichung wiedergegeben. Hiermit können die Iterationen durchgeführt werden, welche zu dem typischen Mandelbrot-Fraktal führen, wobei c für die komplexen Zahlen (Punkt aus der komplexen Ebene) steht.

$$z_0 = 0; z_{n+1} = z_n^2 + c$$

Er machte seine Arbeit zur fraktalen Geometrie auch einer populären Öffentlichkeit zugänglich, sodass heute viele Menschen von den fraktalen Eigenschaften der Natur (Küstenlinien, Pflanzen, Kristalle etc.) wissen. Nachstehendes bekanntes Zitat geht auf ihn zurück:

„Clouds are not spheres, mountains are not cones, and lightning does not travel in a straight line. The complexity of nature's shapes differs in kind, not merely degree, from that of the shapes of ordinary geometry, the geometry of fractal shapes.“

welches auf Deutsch folgende Bedeutung hat:

„Wolken sind keine Kugeln, Berge sind keine Kegel, und Blitze verlaufen nicht in einer geraden Linie. Die Komplexität der Formen der Natur unterscheidet sich in ihrer Art, nicht nur in ihrem Grad, von den Formen der gewöhnlichen Geometrie, der Geometrie der fraktalen Formen.“

Natürliche Strukturen entstehen durch iterative Prozesse und der Wiederholung einfacher Regeln, was zu Mustern führt. Die Natur nutzt Fraktale unter anderem zur Ressourcenoptimierung, wie zum Beispiel bei der Versorgung mit den Blutgefäßen, dem Aufbau der Lunge und dem Wurzelsystem von Pflanzen.

Konzept: Mandelbrot zeigt, dass komplexe Systeme durch wiederholte Muster und Selbstähnlichkeit strukturiert sind. Diese fraktalen Prinzipien helfen, Ordnung in Chaos zu erkennen und komplexe Strukturen effizient zu verstehen und zu gestalten.

Praktisches Handeln: Fraktale Organisationsstrukturen nutzen. Beispiel: Unternehmen können sich an natürlichen Systemen orientieren und Organisationen mit ähnlichen Strukturen und Steuerungsfunktionen durch Anwendung des Viable System Models schaffen.

Skalierbare Lösungen entwickeln. Beispiel: Lösungen so gestalten, dass sie auf verschiedenen Ebenen eines Systems wiederholbar anwendbar sind und dennoch Möglichkeiten zur Adaption bieten, z.B. mittels Standardisierung und Modulbildung.³

³ **Reflektionsfrage:** Was wiederholt sich in deinem Leben auf verschiedenen Ebenen und welche Bedeutung gibst du diesen Mustern?

Mini-Übung: Suche in deinem Umfeld ein Objekt (Pflanze, Baum, Flusslauf, Gebäude) mit fraktalen Eigenschaften. Zeichne oder fotografiere es.

Allgemeine Systemtheorie



Ludwig von Bertalanffy

Ludwig von Bertalanffy (1901–1972), österreichischer Biologe und Systemtheoretiker, gilt als Begründer der Allgemeinen Systemtheorie. Mit ihr identifizierte er gemeinsame Prinzipien wie Komplexität, Selbstorganisation, Rückkopplung und verschiedene Gleichgewichtszustände in physikalischen, sozialen und biologischen Systemen.

Während seiner Doktorandenzeit in Wien wurde er von der Idee einer „Unified Science“ beeinflusst, einer gemeinsamen Sprache für alle Wissenschaften. Mit seiner eigenen Arbeit durchbrach er die Grenzen einzelner Disziplinen, suchte nach übergreifenden Zusammenhängen, um Komplexität besser zu verstehen, und schaffte ein Systemverständnis. *Bertalanffy* vertrat die Ansicht, dass lebendige Systeme offene Systeme sind, die ihre Stabilität durch den Austausch von Materie mit der Umwelt aufrechterhalten und einem dynamischen Gleichgewicht unterliegen. Diesen Ansatz entlieh er der Thermodynamik, eine Idee, die später durch *Ilya Prigogine* wieder in die Thermodynamik zurückfand. Seine Konzepte führten

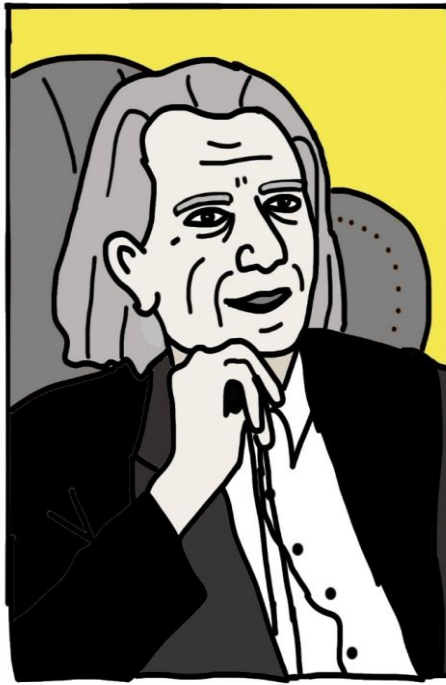
zu einem Paradigmenwechsel, da er früh erkannte, wie essenziell systemisches Denken ist.

Konzept: *Bertalanffy* betont, dass komplexe Systeme durch Wechselwirkungen, Selbstorganisation und offenen Austausch mit ihrer Umwelt dynamisch stabil bleiben und sich anpassen. Dem interdisziplinären Ansatz, der gemeinsamen Sprache und dem gemeinsamen Verständnis misst er große Bedeutung zu.

Praktisches Handeln: Interdisziplinäre Zusammenarbeit fördern durch das Integrieren verschiedener Perspektiven und Fachgebiete. Beispiel: Ein Forschungsprojekt zur nachhaltigen Stadtentwicklung bringt Experten aus den Bereichen Bauingenieurwesen, Architektur, Stadtplanung und Umweltwissenschaften zusammen, um ressourcenschonende, soziale und umweltfreundliche Lösungen für Städte durch intelligente Verkehrssysteme, energieeffiziente Gebäude und nachhaltige Infrastruktur zu entwickeln. Dabei wird nicht nur technisches Know-how eingebracht, sondern es werden auch sozioökonomische und ökologische Aspekte berücksichtigt. Durch regelmäßigen Austausch und gemeinsame Sprache zwischen den Disziplinen entsteht ein ganzheitliches Verständnis, das Innovation und praxisnahe Lösungen ermöglicht. Ebenso wird die Beteiligung von Bürgern, Politik und Wirtschaft angestrebt, um die Umsetzung langfristig tragfähig und anpassungsfähig zu gestalten.⁴

⁴ **Reflektionsfrage:** Wo in deinem Denken entstehen neue Verbindungen, wenn du verschiedene Disziplinen zusammenbringst?

Mini-Übung: Beschreibe ein System (z.B. deine Familie, dein Team, deinen Verein) als offenes System. Wo findet Austausch statt?



Kenneth Boulding

Kenneth Boulding (1910–1993) war ein britisch-amerikanischer Ökonom und einer der Pioniere der interdisziplinären Forschung. Er prägte das systemische Denken in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Darüber hinaus beschäftigte er sich intensiv mit Ökologie, Ethik und nachhaltiger Wirtschaft. In seinem einflussreichen Aufsatz „General Systems Theory – The Skeleton of Science (1956)“ präsentierte er eine systemübergreifende Perspektive, welche gemeinsame Strukturen und Gesetzmäßigkeiten in unterschiedlichen Disziplinen aufzeigt.

Boulding stellte fest, dass komplexe Systeme nicht isoliert betrachtet werden können, sondern in einem Netzwerk von Wechselwirkungen existieren. Er war ein Verfechter des holistischen Denkens und argumentierte, dass das Verständnis von Systemen erfordert, über Grenzen der Fachdisziplinen hinweg zu denken. Er galt eher als anerkannter Außenseiter des ökonomischen Fachgebiets und gilt ebenso wie *Bertalanffy* als ein Mitbegründer der Allgemeinen Systemtheorie.

Konzept: *Kenneth Bouldings* systemisches Denken lässt sich als „systemische Nachhaltigkeit“ beschreiben. Er betrachtete die Welt als ein Netzwerk verbundener Systeme, deren Stabilität durch Kommunikation,

nachhaltige Entwicklung und soziale sowie ökologische Wechselwirkungen gesichert wird. Statt einzelne Systeme isoliert zu optimieren, betonte er die Bedeutung ihrer Wechselwirkungen für langfristig tragfähige Lösungen. Wirtschaft, Ökologie und Gesellschaft sind für ihn untrennbar verbunden und eingebettet in ein übergeordnetes System zyklischer Prozesse, Ressourcennutzung und Rückkopplungseffekte.

Praktisches Handeln: Nachhaltige Ressourcennutzung durch Kreislaufwirtschaft fördern. Beispiel: In der Produktion sind verstärkt recycelte Materialien zu nutzen und Abfallvermeidung zu priorisieren. Die Natur dient hier als Vorbild, da sie keinen Abfall produziert, jedes Material wird in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt. Inspiriert von diesem Prinzip entstanden Konzepte wie das Cradle to Cradle-Design, das darauf abzielt, Produkte so zu gestalten, dass alle Materialien vollständig wiederverwertet werden können. Auch die Permakultur, die nachhaltige landwirtschaftliche Systeme durch geschlossene Kreisläufe fördert, folgt dieser Logik.

Um dieses Denken in die Praxis umzusetzen, bedarf es einer engen Verzahnung von Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Unternehmen können durch innovative Produktgestaltung, transparente Lieferketten und verlängerte Produktlebenszyklen zur Ressourcenschonung beitragen. Bildung und Aufklärung spielen ebenfalls eine zentrale Rolle, um ein Bewusstsein für systemische Zusammenhänge und nachhaltiges Handeln auf allen Ebenen zu fördern. Ziel ist es, die linearen Modelle von „Produzieren → Konsumieren → Entsorgen“ in zirkuläre Modelle mit „Produzieren → Konsumieren → Wiederverwenden“ zu transformieren und dadurch ökologische und ökonomische Stabilität sicherzustellen.⁵

⁵ **Reflektionsfrage:** Was wäre, wenn du die Welt als ein miteinander verflochtenes System betrachten würdest?

Mini-Übung: Liste 3 Systeme auf, in denen du dich bewegst. Wie hängen sie miteinander zusammen? Wo ergänzen oder stören sie sich?

Frühe Kybernetik



Norbert Wiener

Norbert Wiener (1894–1964), amerikanischer Mathematiker, führte den Begriff der Kybernetik (vom griechischen κυβερνήτης / kybernetes, Steuermann, Navigator eines Schiffes) ein. Er war neben vielen anderen Wissenschaftsgrößen (*Bateson, von Foerster, McCulloch, Shannon, von Neumann* etc.) dieser Zeit Mitglied der interdisziplinären Macy-Konferenz, auf welcher man sich auch auf den Begriff der Kybernetik für die interdisziplinäre Steuerung von Systemen verständigte. *Wiener* selbst befasste sich mit der Steuerung und Regelung in technischen, als auch in biologischen und sozialen Systemen, insbesondere die Rückkopplung interessierte ihn dabei.

1948 erschien sein Buch „Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine“, welches sich mit den Rückkopplungsanalogien und Kommunikationsprozessen in Maschinen (z.B. Thermostat) und im Menschen (z.B. Gehirn) beschäftigte. Er beschäftigte sich durch seine Arbeit früh mit Themen der Big Data, der maschinellen

Mustererkennung und der künstlichen Intelligenz und hat damit einen wichtigen Beitrag für unsere heutige Informationsgesellschaft geliefert. Die Kybernetik ist so aktuell denn je, denn es geht um das Verständnis der Steuerungsmechanismen in Systemen im Sinne einer mathematischen Theorie der Kommunikation.

Konzept: *Norbert Wieners* Ansatz zum Umgang mit Komplexität gründet auf dem Verständnis von positiven und negativen Rückkopplungen, dem Black-Box-Prinzip, der zentralen Rolle von Information sowie einem interdisziplinären Zugang zur Steuerung, Kommunikation und Vorhersage komplexer, dynamischer Systeme, sowohl in technischen als auch in biologischen Kontexten.

Praktisches Handeln: Rückkopplung nutzen bedeutet, Systeme durch negative Rückkopplung zu stabilisieren und so zielgerichtet auf Veränderungen oder Abweichungen zu reagieren. Ein anschauliches Beispiel ist ein Thermostat: Es misst kontinuierlich die Raumtemperatur und greift regulierend ein, sobald diese vom gewünschten Wert abweicht, etwa indem es die Heizung ein- oder ausschaltet. Nach diesem Prinzip können auch soziale oder organisatorische Systeme gestaltet werden. In Unternehmen lässt sich beispielsweise ein Qualitätskontrollsystem implementieren, das Fehler oder Abweichungen im Produktionsprozess frühzeitig erkennt, rückmeldet und gezielte Korrekturen ermöglicht. Diese Form der Rückkopplung sorgt nicht nur für Stabilität im System, sondern eröffnet auch Lern- und Verbesserungsmöglichkeiten. Durch die schnelle Reaktion auf Probleme wird die Qualität nicht nur gesichert, sondern im Idealfall fortlaufend gesteigert. Rückkopplung ist damit ein zentrales Prinzip für Resilienz, Anpassungsfähigkeit und Entwicklung in komplexen Systemen.⁶

⁶ **Reflektionsfrage:** Welche Rückmeldungen in deinem Alltag ignorierst du, obwohl sie dich leiten könnten?

Mini-Übung: Identifiziere heute eine Rückkopplung in deinem Alltag (z.B. Thermostat, Feedbackgespräch). Beobachte ihre Wirkung.



Warren McCulloch

Warren *McCulloch* (1898–1969) war ein amerikanischer Neurophysiologe und Kybernetiker, der mit seiner Arbeit im Bereich der Neuroinformatik die künstliche Intelligenz begründete. Er war federführend an den Macy-Konferenzen beteiligt. Er war Gründungsmitglied der amerikanischen Gesellschaft für Kybernetik und arbeitete u.a. mit *Gregory Bateson*, *Norbert Wiener*, *Humberto Maturana* und *Stafford Beer* zusammen (um nur einige zu nennen). Er lieferte maßgebliche Beiträge zu neuronalen Netzwerken, der Automaten-Theorie und zur Kybernetik. Von ihm stammt das Prinzip des:

„Redundancy of Potential Command – power resides where information resides“

frei übersetzt bedeutet es:

„Macht sollte dort sein, wo die meiste Information vorliegt“.

Macht kann hierbei auch durch Entscheidungsbefugnis getauscht werden. Vorbild hierfür sind die neuronalen Netze. Seine Zusammenarbeit mit *Walter Pitts* führte zur Entwicklung des *McCulloch-Pitts-Neurons* (1943), eines der ersten formalen Modelle künstlicher Neuronen, das die Grundlage für moderne künstliche neuronale Netzwerke bildet. Seine Arbeiten

beeinflussten maßgeblich *John von Neumann*, insbesondere bei der Entwicklung der *Von-Neumann-Architektur* für Computer. Zudem legte *McCulloch* wichtige theoretische Grundlagen zur Selbstorganisation und Informationsverarbeitung im Gehirn, die später von *Humberto Maturana* und *Francisco Varela* in deren Konzept der Autopoiesis weiterentwickelt wurden.

Konzept: *McCullochs* Konzept zum Umgang mit Komplexität basiert auf dem Prinzip des: „*Redundancy of Potential Command – power resides where information resides*“, das bedeutet, Informationsverarbeitung als dezentrales, verteiltes System zu verstehen, in dem Entscheidungen dort getroffen werden, wo die relevanteste Information vorliegt.

Praktisches Handeln: Dezentrale Netzwerke zur Informationsverarbeitung gestalten. Beispiel: Unternehmen wie Uber arbeiten mit dezentralen Plattformen, auf denen Gastgeber und Fahrer direkt mit Kunden interagieren, statt auf eine zentrale Steuerung zu setzen.

Prinzipien aus neuronalen Netzwerken für Informationsverarbeitung anwenden. Beispiel: Unternehmen wie Amazon oder Google nutzen KI-gestützte Systeme, die durch verteilte neuronale Netzwerke große Datenmengen parallel verarbeiten, um Muster im Kundenverhalten zu erkennen. Auch moderne Organisationsstrukturen in Unternehmen wie Haier oder Spotify folgen diesem Prinzip, indem sie auf kleine, autonome Teams setzen, die Informationen selbstständig verarbeiten und Entscheidungen dezentral treffen, ähnlich wie Neuronen im Gehirn.⁷

⁷ **Reflektionsfrage:** Wo in deinem Leben wäre es klüger, Entscheidungen dezentral zu treffen, und wie würdest du das ermöglichen?

Mini-Übung: Nimm dir heute eine Entscheidung vor und frage dich: Wo liegt die Information dafür, bei dir oder jemand anderem?



Ross Ashby

Ross Ashby (1903–1972) war ein britischer Psychiater und ein Pionier der Kybernetik. Er gehörte zum Kreis der Macy-Konferenzen und trug wesentlich zum Verständnis von Steuerung und Regelung in komplexen Systemen bei. In seiner Arbeit spielte das Gehirn als Modell für Selbstorganisation, Homöostase und Ultrastabilität eine zentrale Rolle. Besonders bekannt ist er für das „Law of Requisite Variety“ auch als *Ashbys Gesetz* bekannt. Das Gesetz besagt:

„Only Variety can absorb Variety“

nur Vielfalt kann Vielfalt absorbieren. Konkret bedeutet dies, dass ein System über mindestens so viel Handlungsvielfalt verfügen muss wie in seiner Umwelt vorhanden ist, um effektiv agieren zu können. Fehlt diese Anpassungsfähigkeit, kann das System instabil werden oder an Kontrollverlust leiden. Ashby betrachtete dieses Prinzip überwiegend aus einer mathematischen Perspektive im Kontext der Informationsverarbeitung. Das dazugehörige Varietätstheorem lautet:

$$V_c \geq V_e$$

V_c (Varietät Controlling) beschreibt das Steuerungsvermögen eines Systems. V_e (Varietät Environment) steht für die Vielfalt der Umwelt, mit der das System interagiert.

Damit ein System stabil bleibt, muss die Steuerungsvarietät größer oder gleich der Umweltvarietät sein ($V_c \geq V_e$). Dieses Prinzip hat weitreichende Konsequenzen für das Management und die Systemtheorie. *Stafford Beer* übersetzte *Ashbys Law* mit dem Viable System Model in die praktische Nutzung für das Management. *Beer* war auch derjenige, der sich für *Ashbys* Varietätsbegriff als Messgröße zur Messung von Komplexität aussprach. *Ashbys* Gesetz gilt bis heute als eines der grundlegendsten Prinzipien der Systemwissenschaften. Auch für die Künstliche Intelligenz (adaptive Systeme, maschinelles Lernen und Entscheidungsfindung unter Unsicherheit) spielt es eine entscheidende Rolle, weil es zeigt, dass diese nur dann erfolgreich agieren kann, wenn sie über genügend Entscheidungs- und Reaktionsmöglichkeiten verfügt, um die Vielfalt und Unvorhersehbarkeit ihrer Umwelt zu bewältigen. Manche sehen die Bedeutung von *Ashbys Law* als ebenso grundlegend an wie *Einsteins* $E = mc^2$.

Konzept: *Ashbys* Konzept zum Umgang mit Komplexität basiert auf dem Law of Requisite Variety. Das heißt, Komplexität entweder erhöhen, reduzieren oder dorthin lenken, wo sie am wirksamsten verarbeitet werden kann.

Praktisches Handeln: Varietätsmanagement: Je nach Anforderung kann es sinnvoll sein, die Komplexität zu erhöhen, zu reduzieren oder gezielt zu fokussieren. Eine zu geringe Varietät kann dazu führen, dass ein System nicht flexibel genug ist, um auf Veränderungen zu reagieren, während eine zu hohe Komplexität unnötige Kosten und Ineffizienz verursachen kann. Ein ausgewogenes Varietätsmanagement ermöglicht es, Strukturen dynamisch anzupassen und die optimale Balance zwischen Flexibilität und Stabilität zu finden. Beispiel: In der IT-Branche wird ein System so gestaltet, dass es seine Verarbeitungskapazität dynamisch anpasst. Bei hohem Datenaufkommen werden automatisch zusätzliche Ressourcen bereitgestellt, um eine stabile Leistung zu gewährleisten. In Zeiten geringerer Nutzung reduziert das System wiederum seine Kapazitäten, um Energie und Kosten zu sparen. Dadurch bleibt das System leistungsfähig, wirtschaftlich und nachhaltig.⁸

⁸ **Reflektionsfrage:** Was brauchst du, um mit der Vielfalt deiner Umwelt nicht nur mitzuhalten, sondern sie bewusst zu gestalten?

Mini-Übung: Nimm eine Herausforderung und notiere: Welche Handlungsoptionen hast du? Wie könntest du deine Varietät erhöhen?



Gregory Bateson

Gregory Bateson (1904–1980), britischer Anthropologe, Biologe und Sozialwissenschaftler, gilt als bedeutender Denker der interdisziplinären Systemforschung. Mit seinem Ansatz der „Ecology of Mind“ untersucht er die Muster und Kommunikationsprozesse, die biologische, psychologische und soziale Systeme miteinander verbinden. Für *Bateson* werden Systeme durch Wechselwirkungen, Rückkopplung und Lernen geformt. Als besonders einflussreich ist seine Doppelbindungstheorie anzusehen, die erklärt, wie paradoxe Kommunikationsmuster psychische Störungen begünstigen können. *Bateson* sucht nach gemeinsamen Prinzipien in evolutionären, kognitiven und ökologischen Prozessen. Sein Ansatz stellt einen Paradigmenwechsel dar, indem er aufzeigt, dass Systeme nicht isoliert existieren, sondern durch Relationen und Muster miteinander verknüpft sind. Folgendes Zitat von ihm ist sehr treffend:

„What is the pattern that connects the crab to the lobster and the primrose to the orchid, and all of them to me, and me to you?“

auf Deutsch:

„Was ist das Muster, das die Krabbe mit dem Hummer und die Primel mit der Orchidee und sie alle mit mir und mich mit dir verbindet?“

Er fragte dabei nach den Mustern, die verbinden, und stellt nicht die Elemente in den Mittelpunkt der Betrachtung, sondern vielmehr deren Verbindungen. Ein weitere Aussage von ihm lautet: *„Information is a difference that makes a difference“*. Diese Aussage ermutigt dazu, sich darauf zu konzentrieren, jene Unterschiede zu identifizieren und zu verstehen, die tatsächlich Auswirkungen auf Ergebnisse haben, sei es in der Kommunikation oder Entscheidungsfindung.

Konzept: *Gregory Bateson* begegnet Komplexität, indem er nicht Elemente, sondern die zugrunde liegenden Muster und Beziehungen in den Vordergrund stellt. Er hinterfragt die Verbindungen, die diese Muster herstellen.

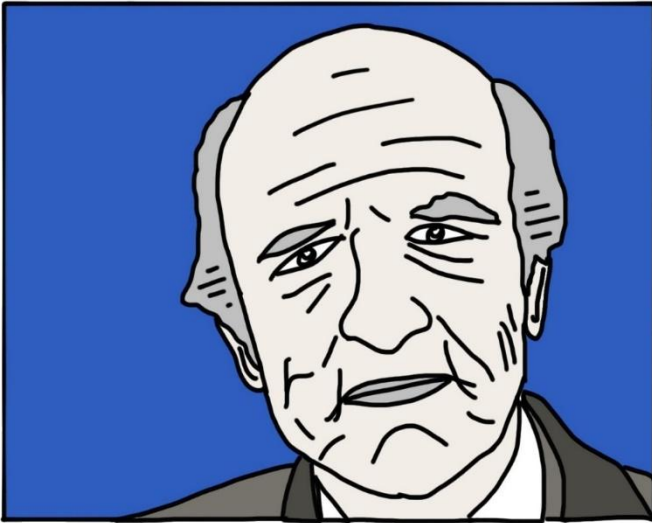
Praktisches Handeln: Probleme im Kontext ihrer Wechselwirkungen betrachten. Beispiel: *Batesons* Doppelbindungstheorie zeigt, dass widersprüchliche Botschaften destruktive Muster erzeugen können. In Unternehmen führt es z.B. zu Vertrauensverlust, wenn Offenheit gefordert, aber kritisches Feedback bestraft wird. Eine tiefere Analyse der Kommunikationsstrukturen hilft, solche Muster zu erkennen und aufzulösen.

Beispiel: *Bateson* zeigte, dass ein Frosch eine Bedrohung nicht an einzelnen Reizen, sondern an Bewegungsmustern erkennt. Übertragen auf Unternehmen bedeutet dies: Sinkende Umsätze lassen sich selten auf einen einzelnen Faktor zurückführen. Wer Muster in Kundenverhalten, Marktveränderungen oder interner Kommunikation erkennt, kann gezielt Lösungen entwickeln.⁹

⁹ **Reflektionsfrage:** Was ist das verbindende Muster in deinen Beziehungen, das du bisher nicht gesehen hast?

Mini-Übung: Beobachte ein Gespräch. Achte nicht auf Inhalte, sondern nur auf Muster der Interaktion. Was erkennst du?

Späte Kybernetik



Heinz von Foerster

Heinz von Foerster (1911–2002) war ein österreichischer Physiker und spielte eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Kybernetik und des radikalen Konstruktivismus. Er war Mitglied der Macy-Konferenzen und fungierte als Herausgeber der dazugehörigen Kongressbände. *Von Foerster* prägte insbesondere die Kybernetik zweiter Ordnung, bei welcher der Beobachter eines Systems als Teil des Systems betrachtet wird. Es sagt aus: Sei dir bewusst, dass du Teil des Systems bist, jede Beobachtung und Handlung kann das System verändern. Diese Perspektive erfordert, dass der Einfluss des Beobachters auf das System mit in die Beschreibung einfließt. Wenn zudem ein weiterer Beobachter sowohl das System als auch den ersten Beobachter betrachtet, spricht man von der „Beobachtung der Beobachtung“. Dieser Ansatz macht deutlich, dass Wahrnehmung und Erkenntnis nicht objektiv, sondern immer durch den jeweiligen Beobachter geprägt sind.

Ein weiterer bedeutender Beitrag *von Foersters* ist sein ethischer Imperativ, der wie folgt lautet:

„Handle stets so, dass die Anzahl der Wahlmöglichkeiten größer wird!“

Dieser Imperativ fordert dazu auf, intelligente Entscheidungen zu treffen und die Vielfalt der Handlungsoptionen zu erhöhen. Es ist eine starke Handlungsanweisung, die dazu ermutigt, die Auswirkungen von Entscheidungen auf die Zukunft und die verschiedenen beteiligten Interessen zu berücksichtigen.

Konzept: Von Foersters Ansatz zum Umgang mit Komplexität basiert hier auf der Kybernetik 2. Ordnung und dem ethischen Imperativ. Das heißt, sich als Teil des Systems zu begreifen, die eigene Wahrnehmung zu hinterfragen und Entscheidungen so zu treffen, dass sie neue Optionen eröffnen.

Praktisches Handeln: Beobachtung reflektieren, d.h. erkennen, dass jede Beobachtung das System beeinflusst, und die eigene Position als Beobachter hinterfragen. Beispiel: Ein Wissenschaftler analysiert nicht nur ein soziales Phänomen, sondern reflektiert auch, wie seine eigenen Annahmen und Methoden die Ergebnisse mitformen.

Handlungsoptionen erweitern, d.h. Entscheidungen so gestalten, dass sie mehr Möglichkeiten eröffnen statt einschränken. Beispiel: Ein Automobilhersteller setzt auf eine modulare Plattformstrategie, bei der verschiedene Fahrzeugmodelle auf einer gemeinsamen Basis produziert werden, um schneller auf Marktanforderungen zu reagieren und neue Varianten mit minimalerem Entwicklungsaufwand einzuführen.¹⁰

¹⁰ **Reflektionsfrage:** Wie verändert sich dein Handeln, wenn du akzeptierst, dass du nie neutral beobachten kannst?

Mini-Übung: Reflektiere eine Situation, in der du selbst Teil des Systems warst, das du beobachtet hast. Was hast du gesehen und was übersehen, welchen Einfluss hat deine Beobachtung?



Stafford Beer

Stafford Beer (1926–2002) war ein britischer Kybernetiker, der als Begründer der Managementkybernetik gilt und mit wichtigen Konzepten wie dem Viable System Model (VSM) und der Syntegration wesentliche Beiträge zum Verständnis komplexer Systeme leistete. Für *Beer* war Kybernetik die Wissenschaft der effektiven Organisation. In Chile versuchte er, das Projekt Cybersyn zu etablieren, womit eine kybernetische Steuerung der gesamten Wirtschaft realisiert werden sollte. Dieses Vorhaben wurde jedoch durch den politischen Umsturz von 1973 beendet.

Das von ihm entwickelte Viable System Model dient der Analyse und Gestaltung von Organisationen sowie dem Management von Komplexität im unternehmerischen Kontext. Es beschreibt Organisationen als sich selbst erhaltende Systeme, die sich kontinuierlich an veränderte Umweltbedingungen anpassen. Zudem ist das Modell rekursiv, was bedeutet, dass jede Organisationseinheit ähnliche Steuerungsmechanismen wie das Gesamtsystem aufweist, wodurch eine skalierbare und adaptive Struktur entsteht. Schließlich fungiert das VSM als Homeöostat, das durch geschlossene Rückkopplungsschleifen eine dynamische Balance hält und auf Veränderungen flexibel reagiert. Diese Prinzipien ermöglichen es, Organisationen als widerstandsfähige, selbstregulierende und lernfähige Systeme zu etablieren.

Ein weiteres zentrales Konzept *Beers* ist die Syntegration, ein Verfahren zur kollaborativen Entscheidungsfindung und Problemlösung in komplexen Systemen. Der Begriff setzt sich aus „Synergie“ und „Integration“ zusammen und beschreibt eine Methode, bei der Gruppen in einer speziell strukturierten Form miteinander interagieren, um möglichst viele Perspektiven und Ideen zu erzeugen. Syntegration vermeidet hierarchische Entscheidungsprozesse und setzt stattdessen auf eine gleichwertige, vernetzte Kommunikation zwischen den Teilnehmern. Durch diese strukturierte Interaktion wird die kollektive Intelligenz der Gruppe optimal genutzt, um kreative und tragfähige Lösungen für komplexe Herausforderungen zu entwickeln. Grundlage ist der Ikosaeder, ein geometrischer Körper mit 12 Ecken und 30 Verbindungen, der eine gleichwertige Vernetzung sicherstellt. Jede der 12 Ecken repräsentiert zum Beispiel einen Teilnehmer, der mit fünf anderen direkt verbunden ist. Diese hochgradig vernetzte Struktur fördert Perspektivwechsel und ermöglicht eine dynamische Themenbearbeitung, wodurch kollektive Intelligenz wirksam genutzt werden kann.

Konzept: *Stafford Beers Viable System Model (VSM)* ist das Modell einer Steuerungsorganisation, die Komplexität über selbstorganisierende Strukturen, Rückkopplungsschleifen und Rekursivität meistert, um Anpassungsfähigkeit und Stabilität zu sichern. Im Weiteren ermöglicht sein Konzept der Syntegration, durch strukturierte Kommunikation alle Perspektiven dezentral in komplexe Entscheidungsprozesse zu integrieren.

Praktisches Handeln: Integration einer Steuerungsorganisation zur Bewältigung von Komplexität. Beispiel Großprojekte: Durch das VSM lässt sich die Steuerungsorganisation bei Infrastruktur-Großprojekten abbilden. Es ermöglicht die Gleichrichtung von Akteuren mit unterschiedlichsten Interessen und Schaffung einer Organisation auf Zeit, welche sowohl auf Aufbau-, Prozess- und Steuerungsorganisation das beste Ergebnis für das Projekt erzeugt.

Beispiel KMU: Bei JELBA Werkzeug- u. Maschinenbau, einem mittelständischen Lohnfertiger, wird das VSM genutzt, um das Unternehmen operativ und strategisch auf die Komplexität aus der Lohnfertigung auszurichten (viele Unikat- und Einzelfertigungen).¹¹

¹¹ **Reflektionsfrage:** Wenn dein System morgen doppelt so komplex wäre, worauf würdest du vertrauen, damit dein Handeln trotzdem funktioniert?

Mini-Übung: Skizziere dein eigenes Viable System Model (mit 5 Systemebenen und 6 Info-Kanälen)



Humberto Maturana

Der chilenische Biologe *Humberto Maturana* (1928–2021) beschäftigte sich maßgeblich mit der Frage, wann Systeme lebendig sind und wann nicht. Gemeinsam mit *Francisco J. Varela* führte *Maturana* den Begriff der Autopoiesis ein. Autopoiesis bezieht sich auf die Fähigkeit eines Systems, sich aus sich selbst zu erzeugen und aufrechtzuerhalten. Autopoietische Systeme sind in der Lage, sich ständig zu reproduzieren und ihre eigenen Strukturen aufrechtzuerhalten, ohne dabei ihre Identität zu verlieren. Eine entscheidende Eigenschaft autopoietischer Systeme ist ihre Fähigkeit, sich strukturell mit ihrer Umwelt zu koppeln. Dies bedeutet, dass das System und seine Umwelt in einer Weise miteinander verbunden sind, dass diese sich in die gleiche Richtung entwickeln oder ausrichten. Diese strukturelle Kopplung ermöglicht es dem System, sich an Veränderungen in seiner Umwelt anzupassen und seine Autopoiesis aufrechtzuerhalten. Die Fähigkeit zur strukturellen Kopplung mit der Umwelt ist eine wesentliche Eigenschaft, um Komplexität zu bewältigen. *Maturanas* Theorien haben *Heinz von Foerster*, *Niklas Luhmann* und viele weitere beeinflusst.

Konzept: *Maturanas* Konzept im Umgang mit Komplexität basiert auf Autopoiesis und struktureller Kopplung. Ein System ist autopoietisch, wenn es sich selbst aus sich selbst erzeugen und seine Strukturen aufrechterhalten

kann. Strukturelle Kopplung beschreibt die wechselseitige Anpassung eines Systems an seine Umwelt. Diese Kopplung ermöglicht es dem System, sich kontinuierlich zu verändern und gleichzeitig seine Identität zu bewahren.

Praktisches Handeln: Selbstorganisation durch kollektive Interaktion. Wikipedia ist ein Beispiel für Autopoiesis und strukturelle Kopplung in der Praxis. Die Plattform wird nicht von einer zentralen Instanz kontrolliert, sondern durch die kollektive Interaktion einer globalen Gemeinschaft von Nutzern gestaltet. Diese Nutzer erstellen, bearbeiten und aktualisieren Inhalte auf eigene Initiative. Wikipedia wächst und verändert sich ständig durch die Beiträge der Community, ohne dass eine externe Steuerung erforderlich ist.

Die Qualität der Inhalte wird durch Mechanismen wie Diskussionsseiten, Wartungskategorien und Löschanträge überwacht. Die Community sorgt dafür, dass falsche Informationen korrigiert und unsachliche Inhalte entfernt werden. So bleibt Wikipedia ein dynamisches, sich selbst erneuerndes System, das sich kontinuierlich an neue Informationen, gesellschaftliche Veränderungen und technologische Entwicklungen anpasst. Wikipedia bleibt stabil und funktional, während es gleichzeitig in enger Wechselwirkung mit seiner Umwelt steht.¹²

¹² **Reflektionsfrage:** Was hält deine Kommunikation lebendig und wie gestaltest du Beziehungen, die diese Lebendigkeit unterstützen?

Mini-Übung: Denke an eine Beziehung in deinem Leben. Was daran ist strukturell gekoppelt? Wie verändert sich eins mit dem anderen?

System Dynamics



Jay Wright Forrester

Jay Wright Forrester (1918–2016), ein amerikanischer Informatiker und Systemwissenschaftler, gilt als der Begründer des Systemansatzes „System Dynamics“. Er entwickelte diesen in den 1950er Jahren und gründete im Zusammenhang damit die „System Dynamics Group“ am Massachusetts Institute of Technology (MIT) an der Sloan School of Management. *Forrester* war ein Pionier in der Anwendung von quantitativen Methoden, um komplexe Wechselwirkungen innerhalb von Systemen zu verstehen und zu modellieren.

Mit Hilfe von Flussdiagrammen und mathematischen Modellen konnte Forrester die Dynamik von Systemen abbilden und simulieren, um so die Auswirkungen von Entscheidungen und Veränderungen auf das gesamte System zu untersuchen. Er betonte die Bedeutung der quantitativen Analyse, um Probleme in komplexen sozialen, wirtschaftlichen und technischen Systemen zu analysieren und zu lösen. Dabei legte er besonderen Wert auf den mathematischen Charakter seiner Modelle, um präzise Vorhersagen und tieferge-

hende Einsichten zu ermöglichen. System Dynamics hat heute eine breite Anwendung in verschiedenen Bereichen, wie etwa der Umweltpolitik und der Unternehmensführung, und wird als eine wertvolle Methode angesehen, um komplexe, dynamische Prozesse zu modellieren und zu steuern.

Konzept: Forrester entwickelte mit System Dynamics ein Konzept mit Feedbackschleifen (mathematisch „positiv“ zur Verstärkung und mathematisch „negativ“ zur Stabilisierung) und Stocks und Flows (Bestände und deren Zu- und Abflüsse), um Wechselwirkungen innerhalb von Systemen zu modellieren. Durch mathematische Modellierung und Simulationen können nichtlineares Verhalten und Verzögerungen in Ursache-Wirkungs-Ketten analysiert, dargestellt und gestaltet werden.

Praktisches Handeln: Beachtung von Wirtschaftszyklen im Immobilienmarkt. Beispiel: Steigende Preise führen während eines Booms zu vermehrten Investitionen. Mit der Zeit sättigt sich der Markt, die Nachfrage sinkt und es kommt zur Rezession. Zinspolitik und Kreditvergabe beeinflussen diese Zyklen. Niedrige Zinsen erleichtern die Kreditaufnahme und fördern Investitionen während eines Booms. Steigende Zinsen verteuern Kredite, verringern die Nachfrage und können so eine Rezession auslösen oder verstärken. Verzögerungen im Bau und Überreaktionen der Investoren verstärken diese Zyklen, was etwa bei der Immobilienblase während der Weltfinanzkrise in 2007 / 2008 sichtbar wurde. Beachtung des Bullwhip-Effekts (Peitschenefekt) im Supply Chain Management. Beispiel: Ein IT-Unternehmen erwartet durch eine neue Softwareversion eine steigende Nachfrage und bestellt vorsorglich mehr Lizenzen. Die IT-Abteilung erhöht daraufhin die Serverkapazitäten und bestellt zusätzliche Hardware. Externe Dienstleister erweitern ihre Infrastruktur, um auf die erhöhte Nachfrage vorbereitet zu sein. Tatsächlich ist der Nachfrageanstieg jedoch nur kurzfristig, was zu Überkapazitäten und hohen Betriebskosten führt. Das Unternehmen bleibt auf ungenutzten Ressourcen und langfristigen Vertragsverpflichtungen sitzen. Durch wirksame Kommunikation entlang der Lieferkette, Echtzeit-Datenanalyse und bedarfsgerechte Bestellprozesse mit geringeren Sicherheitsbeständen kann dem entgegengewirkt werden.¹³

¹³ **Reflektionsfrage:** Welcher Kreislauf in deinem Leben ist dir bewusst?

Mini-Übung: Zeichne ein Diagramm für eine Situation mit Feedback. Wo sind verstärkende und wo stabilisierende Schleifen? Gibt es zeitversetzte Reaktionen?



Donella Meadows

Donella Meadows (1941–2001) war eine US-amerikanische Biophysikerin und Systemwissenschaftlerin, die durch ihre Mitwirkung am 1972 erschienenen Bericht *The Limits of Growth* (Die Grenzen des Wachstums) für den Club of Rome große Bekanntheit erlangte. *Meadows* leitete das Forschungsteam am MIT, das im Auftrag des Club of Rome mit Hilfe der System Dynamics Methode die globalen Wachstumsgrenzen modellierte. Sie war eine Schülerin von *Jay W. Forrester*, dem Begründer der System Dynamics, und arbeitete mit ihm an der Erforschung komplexer, rückgekoppelter Systeme.

Meadows setzte sich früh für Systemforschung und Nachhaltigkeit als Werkzeuge zur Bewältigung komplexer Herausforderungen ein. Sie lebte privat auf einem ökologischen Bauernhof und verband Theorie mit Praxis. Ihr posthum veröffentlichtes Buch: „Thinking in Systems. A Primer“ (2008, herausgegeben von *Diana Wright*) gilt als populäres Schlüsselwerk für systemisches Denken. In diesem Buch beschreibt sie die sogenannten “Leverage Points” (Hebelpunkte) innerhalb eines Systems. Dies sind strategische Stellen, an denen bereits kleine Veränderungen große Auswirkungen auf das gesamte System haben können. Ihre Theorie knüpft an die Sensitivitätsanalyse komplexer Systeme an, wie sie auch von *Henri Poincaré* (Dynamische Systeme, Chaostheorie) und *Edward N. Lorenz* (deterministisches Chaos, Wettermodelle) erforscht wurde. Während *Poincaré* und *Lorenz* sich auf die mathematische

und physikalische Modellierung konzentrierten, übertrug Meadows diese Erkenntnisse auf soziale, ökologische und wirtschaftliche Systeme.

Gemäß *Meadows* ist das Erkennen und gezielte Einwirken auf Hebelpunkte eine wirksame Vorgehensweise, um vernetzte Probleme zu lösen. Meadows Hebel umfassen hierbei u.a. kleine Änderungen in Parametern, die Verstärkung oder Abschwächung von Feedback-Loops, die Anpassungen von Zeitverzögerungen, die Änderung in der Informationsverteilung, die Veränderung der Systemziele, die Modifikation von zugrundeliegenden Annahmen in mentalen Modellen und die Änderung der Systemgrenzen.

Konzept: *Donella Meadows* begegnet Komplexität mit systemischem Denken. Sie betrachtet Systeme als vernetzte Strukturen, deren Verhalten durch Rückkopplungsschleifen, zeitliche Verzögerungen und Wechselwirkungen bestimmt wird. Ihr Konzept der Hebelpunkte ist ein wirkungsvolles Werkzeug, um tiefgreifende Veränderungen in komplexen Systemen zu bewirken.

Praktisches Handeln: Reduktion von CO₂-Emissionen in einer Stadt. Beispiel Hebelpunkt: Änderungen in der Informationsverteilung. Wenn Menschen besser über ihren Energieverbrauch informiert sind, etwa durch smarte Stromzähler und transparente CO₂-Bilanzen, die nicht im Keller, sondern gut sichtbar in Wohnräumen oder auf Mobilgeräten angezeigt werden, können sie bewusster mit Energie umgehen. Kleine Verhaltensänderungen vieler Einzelner können so große Auswirkungen auf den gesamten Energieverbrauch der Stadt haben.¹⁴

¹⁴ **Reflektionsfrage:** Welchen Hebel könntest du heute bewegen, der morgen große Wirkung entfaltet?

Mini-Übung: Suche heute in deinem Umfeld einen „Hebelpunkt“, an dem du mit wenig Aufwand viel verändern könntest. Notiere eine Idee.



Peter Senge

Peter Senge (geb. 1947), amerikanischer Management- und Systemwissenschaftler, der zum Kreis der System-Dynamics-Pioniere um *Jay W. Forrester* vom MIT gehört, hat mit seinem Buch „The Fifth Discipline“ von 1990 die Systemansätze und insbesondere die System-Dynamics-Methode in die Managementetagen gebracht. Insbesondere seine systemischen Archetypen haben dabei für Aufsehen gesorgt. *Senge* ist ein maßgeblicher Vertreter der lernenden Organisationen zur Bewältigung von Komplexität. Diese zeichnen sich durch Anpassungsfähigkeit an innere und äußere Reize aus und werden auf Basis der fünf Prinzipien aus *Senges* Buch „The Fifth Discipline“ gebildet, diese sind: Personal Mastery – individuelles Wachstum, Mental Models – mentale Modelle, Shared Visioning – gemeinsame Vision, Team Learning – Lernen im Team und Systems Thinking – Denken in Systemen. *Senge* bezeichnet Systems Thinking als den Eckpfeiler für lernende Organisationen.

Konzept: *Peter Senge* schlägt vor, mit Komplexität durch Systemdenken umzugehen, indem Wechselwirkungen betrachtet und Rückkopplungsschleifen erkannt werden. Seine systemischen Archetypen helfen dabei, Muster zu erkennen und langfristig zu denken. Eine lernende Organisation

fördert kontinuierliches Lernen und die Anpassungsfähigkeit an Veränderungen.

Praktisches Handeln: Beachtung von Archetypen. In einer Matrixorganisation kann der Archetyp „Tragödie der Allmende“ auftreten.

Beispiel: Verschiedene Projektteams konkurrieren um begrenzte Ressourcen, etwa Fachkräfte oder Budgetmittel, und optimieren primär ihre eigenen Interessen, anstatt die Ressourcennutzung im Sinne der Gesamtorganisation abzustimmen. Dies kann dazu führen, dass bestimmte Teams übermäßig viele Ressourcen beanspruchen, während andere benachteiligt werden. Das macht die Gesamtorganisation ineffizient. Prioritäten, Ressourcenplanung und regelmäßige Abstimmungsprozesse entschärfen das Dilemma.

Fehlerkultur und kontinuierliches Lernen. Beispiel: Eine Organisation könnte regelmäßige Reflexions- und Lernprozesse etablieren, wie etwa nach jedem Projekt oder wichtigen Entscheidungsprozessen eine „Retrospektive“ durchzuführen. Hierbei wird nicht nur das Ergebnis bewertet, sondern auch der Lernprozess und die Ursachen für eventuelle Probleme untersucht. Durch diese Reflexion wird die Organisation in die Lage versetzt, aus Fehlern zu lernen, wiederkehrende Muster zu erkennen und ihre Anpassungsfähigkeit zu verbessern, um in Zukunft besser mit komplexen Situationen umzugehen.¹⁵

¹⁵ **Reflektionsfrage:** Wohin führt deine Organisation, wenn sie weiter so lernt, wie sie heute lernt?

Mini-Übung: Beobachte eine wiederkehrende Problemkette. Welches systemische Muster (Archetyp) könnte das sein?

Komplexitätstheorie



Ilya Prigogine

Der russisch-belgische Chemiker und Nobelpreisträger *Ilya Prigogine* (1917–2003) leistete nachhaltige Beiträge zur Erforschung der Selbstorganisation und dissipativen Strukturen in offenen Systemen. Sein Werk revolutionierte das Verständnis der Thermodynamik, insbesondere in Systemen fernab des thermodynamischen Gleichgewichts.

Prigogine konzentrierte sich auf die Irreversibilität in dynamischen Prozessen und zeigte, dass Ordnung und Struktur spontan entstehen können, wenn ein System ausreichend Energie, Materie oder Informationen mit seiner Umwelt austauscht. Wird dieser Austausch unterbrochen, zerfällt die Ordnung wieder. Dies widersprach der klassischen Thermodynamik, die in isolierten Systemen nur eine Zunahme der Entropie kannte. Seine Forschung stand unter dem Einfluss der Allgemeinen Systemtheorie von *Ludwig von Bertalanffy*, ging jedoch durch die mathematische Modellierung nichtlinearer Prozesse weit darüber hinaus.

Dissipative Strukturen sind geordnete Muster, die sich selbstorganisiert in offenen Systemen bilden. Ein Beispiel hierfür ist ein Strudel in der Badewanne, wenn der Abflussstöpsel gezogen wird und gleichzeitig Wasser nachläuft. Durch den kontinuierlichen Austausch von Energie und Materie

entsteht eine stabile, geordnete Struktur (die Spiralbewegung). Diese Ordnung existiert jedoch nur im Nichtgleichgewichtszustand und verschwindet, sobald der Energiezufluss gestört wird, ein typisches Merkmal dissipativer Strukturen.

Konzept: Gemäß *Prigogine* entsteht in offenen, nichtlinearen Systemen Ordnung durch Selbstorganisation, die auf dem Austausch von Energie, Materie oder Informationen beruht. Dadurch kommt es zu Phasenübergängen, in denen das System eine neue stabile Ordnung findet. Dies macht viele Prozesse in der Natur irreversibel, einmal entstandene komplexe Strukturen können nicht einfach in ihren Ursprungszustand zurückkehren.

Praktisches Handeln: Innovationsnetzwerke und Open Innovation. Beispiel: Procter & Gamble setzt auf das Prinzip der Open Innovation, bei dem externe Ideen und Lösungen in die Entwicklungsprozesse einfließen. Hierbei wird, ähnlich einer dissipativen Struktur, der Austausch von Informationen und Ressourcen mit der Umwelt genutzt. Diese Herangehensweise fördert die Selbstorganisation in der Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle, indem sie externe Wissensquellen integriert.

Bei dem Austausch zwischen Unternehmen und Umwelt handelt es sich auch um einen Kernetreiber der digitalen Transformation. Das heißt, Nutzung von Prozesskomponenten anderer Unternehmen für schnelles Agieren statt Besitz des gesamten Geschäftsprozesses. Im Industriezeitalter setzte man auf einen „Inside → Out“ Value Stream, im digitalen Zeitalter verschiebt sich das, hin zu einem „Outside → In“ Value Stream.¹⁶

¹⁶ **Reflektionsfrage:** Wo beobachtest du Ordnung, welche durch Energie-Austausch zwischen System und Umwelt entsteht?

Mini-Übung: Lass heute in einer Situation Chaos zu, ohne sofort Ordnung zu schaffen. Was entsteht daraus? Was lernst du dabei?



John H. Holland

Der amerikanische Informatiker *John H. Holland* (1925–2015) gilt als einer der Begründer des Konzepts der komplexen adaptiven Systeme (CAS), das am interdisziplinären Santa Fe Institute entwickelt wurde. Er beschreibt CAS folgendermaßen:

„CAS (complex adaptive systems) are systems that have a large number of components, often called agents, that interact and adapt or learn.“

Komplexe adaptive Systeme bestehen aus zahlreichen miteinander verbundenen Agenten, die individuell Entscheidungen treffen, sich selbst organisieren und an ihre Umwelt anpassen. Sie zeigen selbstähnliche Strukturen, sind lernfähig und entwickeln sich kontinuierlich weiter. Dieses Konzept findet in verschiedenen Wissenschaftsbereichen Anwendung, darunter die Gehirnforschung (z.B. neuronale Netzwerke), die Biologie (z.B. Insektenkolonien) und die Organisationsforschung (z.B. Unternehmen mit dezentralen Entscheidungsstrukturen).

Konzept: Hollands Konzept im Umgang mit Komplexität basiert auf der Theorie der komplexen adaptiven Systeme, bei denen viele autonome Agenten ohne zentrale Steuerung interagieren und sich selbst organisieren. Diese Systeme sind adaptiv, lernen aus Erfahrungen und passen sich an

Veränderungen an. Ein zentrales Merkmal ist die Emergenz, bei welcher durch die Interaktionen der Agenten neue, nicht vorhersehbare Strukturen und Muster entstehen können.

Praktisches Handeln: Anpassung an Marktveränderungen. Ein Beispiel für ein komplexes adaptives System ist Airbnb. Gastgeber, Gäste und die Plattform selbst agieren als autonome Agenten, die durch ihre Interaktionen den Markt formen. Airbnb nutzt maschinelles Lernen und Datenanalysen, um Nachfrageverschiebungen in Echtzeit zu erkennen.

Basierend auf diesen Erkenntnissen erhalten Gastgeber dynamische Preisempfehlungen, sodass sich das Angebot flexibel an veränderte Marktbedingungen anpasst. Bewertungen optimieren die Angebotsqualität ohne zentrale Steuerung, während das System durch kontinuierliche Feedback-Analysen seine Algorithmen anpasst. Die dezentrale Entscheidungsfreiheit der Gastgeber führt zu einer flexiblen, dynamischen Marktanpassung.¹⁷

¹⁷ **Reflektionsfrage:** In welchem Bereich deines Lebens könntest du mehr Vertrauen in die Selbstorganisation eines Systems legen?

Mini-Übung: Beobachte ein System mit vielen autonomen Beteiligten (z.B. Straßenverkehr, Büro, Social Media, Familie). Wo zeigt sich Selbstorganisation?



Stuart Kauffman

Der amerikanische Biologe *Stuart Kauffman* (geb. 1939) ist ausgebildeter Mediziner und forscht auf dem Gebiet der komplexen Systeme. Er war am Santa Fe Institute tätig und gründete später die BIOS Group. Eine Zeit lang arbeitete er bei *Warren McCulloch* am MIT und traf später auf *Ross Ashby* an der Universität von Illinois. Dadurch wurde er von bedeutenden Vertretern der Kybernetik beeinflusst, was seine Arbeit zur Komplexitätstheorie prägte.

Kauffman vertritt die These, dass bei der Entstehung von Komplexität Selbstorganisation und Pfadabhängigkeit durch Rückkopplungseffekte eine entscheidende Rolle spielen. Dies kann spontan und unabhängig von der darwinschen Selektion entstehen. Er leistete wesentliche Beiträge zu den Konzepten der komplexen adaptiven Systeme, des “Edge of Chaos” und der Emergenz. Zudem entwickelte er das Konzept der autokatalytischen Netzwerke, das beschreibt, wie sich chemische Systeme durch gegenseitige Katalyse selbst organisieren und so möglicherweise die Entstehung des Lebens erklären können.

Das Konzept der Emergenz verknüpft *Kauffman* eng mit Selbstorganisation. Er beschreibt, dass in Systemen ganz natürlich neue Elemente oder Systemebenen mit spezifischen Eigenschaften entstehen. Das “Edge of Chaos” beschreibt einen schmalen Bereich zwischen totaler Ordnung und totalem Chaos, in dem hochkomplexe Strukturen und Dynamiken

entstehen können. Parallelen dazu finden sich aus Sicht des Verfassers beispielsweise im Cynefin-Framework von *Dave Snowden*, insbesondere im Systemzustand „Disorder“ (Unordnung / Störung), der sich mit der Einordnung von Systemzuständen und Komplexität befasst.

Das NK-Modell von *Kauffman* beschreibt komplexe Systeme, die aus vielen interagierenden Komponenten (N) bestehen, wobei jede Interaktion durch eine Wechselwirkung (K) beeinflusst wird. Diese Wechselwirkungen erzeugen eine Fitnesslandschaft, in der verschiedene Zustände des Systems unterschiedliche Fitnesswerte haben. Fitness ist dabei der adaptive Erfolg eines Systems, in einer sich verändernden Landschaft / Umwelt. Evolution und Anpassung erfolgen nicht nur durch zufällige Mutationen, sondern auch durch die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten. Das Modell verdeutlicht, wie Systeme zwischen Ordnung und Chaos oszillieren und sich dynamisch entwickeln. Neben der biologischen Evolution findet das Modell auch Anwendung in Wirtschaft und Management, um Innovationsprozesse und Entscheidungsstrukturen zu analysieren.

Konzept: *Stuart Kauffmans* Konzept zum Umgang mit Komplexität betont, dass Systeme durch Selbstorganisation entstehen, nicht nur durch Selektion. Er beschreibt den „Edge of Chaos“ als optimalen Zustand für Anpassung und Innovation und nutzt das NK-Modell, um zu zeigen, wie Systeme sich durch Wechselwirkungen entwickeln. Zudem erklärt er, wie Leben aus autokatalytischen Netzwerken spontan entstehen kann.

Praktisches Handeln: Technologische Entwicklung und künstliche Intelligenz. Beispiel: OpenAI arbeitet an der Entwicklung von fortschrittlichen künstlichen Intelligenzen, die durch selbstorganisierte Lernprozesse verbessert werden. Das Unternehmen nutzt maschinelles Lernen und neuronale Netzwerke, um Systeme zu entwickeln, die sich an ihre Umgebung anpassen, ohne dass sie jedes Mal manuell programmiert werden müssen. Dies steht im Einklang mit *Kauffmans* Konzept, dass Systeme sich durch die Wechselwirkungen ihrer Komponenten entwickeln. OpenAIs GPT-Modelle sind ein Beispiel dafür, wie ein System durch Interaktionen innerhalb eines Netzwerks emergente, unerwartete Verhaltensweisen zeigen kann, die für die Lösung komplexer Probleme genutzt werden. Auch evolutionäre Algorithmen, die sich durch natürliche Selektion und Anpassung optimieren, spiegeln seine Theorien wider.¹⁸

¹⁸ **Reflexionsfrage:** Wo balancierst du gerade zwischen Klarheit und Ungewissheit?

Mini-Übung: Finde den „Edge of Chaos“ in deinem Alltag: Wo herrscht kreative Spannung zwischen Struktur und Freiheit?



David Snowden

Der walisische Berater *David Snowden* (geb. 1954), erhielt eine große Bekanntheit durch einen in 2007 veröffentlichten Artikel in der *Harvard Business Review*, mit welchem er das Cynefin Framework vorstellte. Sein Cynefin (kə'nevɪn) Framework bezeichnet er selbst als Konzept zur Entscheidungsfindung, es enthält fünf Domänen / Systemzustände, diese sind: Einfach, Kompliziert, Komplex, Chaotisch, Störung / Unordnung.

Abhängig davon, in welcher Situation man sich befindet, kann man sich daran orientieren und Handlungen daraus ableiten, so z.B. bei komplexen Systemzuständen: probieren, erfassen, reagieren, um das System z.B. in komplizierte Teilsysteme zu zerlegen; und für chaotische Systemzustände: agieren, erfassen, reagieren, um das System z.B. zu stabilisieren oder in einen anderen Systemzustand zu kommen. Das Cynefin Framework erfreut sich aufgrund seiner gewollten Einfachheit großer Beliebtheit, insbesondere in der Szene rund um agile Methoden wie Scrum o.ä., aber auch darüber hinaus.

In neueren Arbeiten integriert *Snowden* Konzepte wie Estuarine Mapping, ein durch ihn mitentwickeltes strategisches Navigationsmodell für komplexe Systeme, sowie Ideen aus der Constructor Theory aus der Physik, die

den Fokus von festen Zielen hin zu Möglichkeitsräumen und systemischen Potenzialen verschiebt.

Konzept: *Dave Snowden* beschreibt Komplexität als ein Umfeld, in dem Lösungen durch Interaktionen entstehen und durch Experimentieren und Beobachten entdeckt werden müssen. Er empfiehlt auf Muster zu achten, flexibel zu handeln und durch die Möglichkeitsräume, welche die Komplexität bietet, zu navigieren.

Praktisches Handeln: Experimentelle Innovation in komplexen Märkten. Beispiel: Das Unternehmen Interface, ein Hersteller von Teppichfliesen, verfolgt das Ziel, nachhaltige Produkte zu entwickeln und die Kreislaufwirtschaft zu fördern. Es wandelt hierfür recycelte Fischernetze in Teppichfliesen um. In einem komplexen System, das von Unsicherheiten und technologischen Veränderungen geprägt ist, setzt das Unternehmen auf eine experimentelle Herangehensweise, ein Prinzip, das *Dave Snowden* im Cynefin-Framework für komplexe Systeme empfiehlt. Das Unternehmen agiert nach dem Ansatz des „Probierens, Erfassens, Reagierens“, indem es kontinuierlich mit neuen Materialien und Fertigungstechniken experimentiert.¹⁹

¹⁹ **Reflexionsfrage:** Welche deiner Herausforderungen ist eigentlich komplex, aber du behandelst sie noch, als wäre sie einfach?

Mini-Übung: Nimm ein aktuelles Problem. Ordne es in das Cynefin-Modell ein. Ändert sich deine Haltung zum Vorgehen?



Yaneer Bar-Yam

Yaneer Bar-Yam (geb. 1959) ist ein US-amerikanischer Physiker und ein Pionier der Komplexitätsforschung. Er ist Gründer und Präsident des New England Complex Systems Institute (NECSI) und hat wesentlich zur interdisziplinären Analyse komplexer Systeme beigetragen. Seine Arbeit umfasst Erkenntnisse aus Physik, Biologie, Soziologie, Wirtschaft und Künstlicher Intelligenz, um hochvernetzte und dynamische Systeme besser zu verstehen. Besonders bekannt ist *Bar-Yam* für seine Multi-Skalen-Analyse, die untersucht, wie Phänomene auf unterschiedlichen Systemebenen entstehen und gesteuert werden können. Er zeigte damit, dass klassische, zentralisierte Steuerungsmechanismen oft versagen, wenn die Umwelt eine hohe Varietät und Anpassungsfähigkeit erfordert. Stattdessen betont er die Bedeutung von dezentralen Entscheidungsstrukturen, Selbstorganisation und schnellen Feedbackmechanismen für den Umgang mit komplexen Herausforderungen.

Ein zentrales Prinzip seiner Forschung lautet: “*Interdependence drives complexity*”, die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen eines Systems sind die eigentliche Quelle der Komplexität. Dabei spielen emergente Phänomene eine entscheidende Rolle, da einfache Regeln auf der Mikroebene zu unerwarteten Makrostrukturen führen können. Seine Ansätze haben Anwendung in Bereichen wie Finanzmärkte, Pandemiebekämpfung,

Unternehmensstrategie und KI-gestützte Entscheidungsfindung gefunden. Beispielsweise analysierte er früh die Dynamik von Epidemien und entwickelte Modellierungen zur effektiven Eindämmung von Krankheiten wie COVID-19. Zudem hat er gezeigt, dass komplexe Probleme von globalen Versorgungsketten bis zu geopolitischen Krisen nur durch einen systemischen Ansatz verstanden und bewältigt werden können.

Konzept: *Bar-Yams* Ansatz basiert auf der Idee, dass sich komplexe Systeme auf mehreren Ebenen gleichzeitig regulieren. Emergente Phänomene und Interdependenzen spielen dabei eine zentrale Rolle. Anstatt nur auf lokale oder globale Effekte zu reagieren, müssen adaptive Systeme die richtige Balance zwischen zentraler Steuerung, dezentraler Entscheidungsfindung und Selbstorganisation finden. Schnelle Feedbackmechanismen sind entscheidend, um Dynamiken frühzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren.

Praktisches Handeln: Adaptive Steuerung und Resilienz in komplexen Systemen. Beispiel: In der Finanzbranche nutzen Algorithmen Multi-Skalen-Analysen, um Marktvolatilität zu erkennen und darauf zu reagieren. Während kurzfristige Schwankungen durch Hochfrequenzhandel ausgeglichen werden, helfen langfristige Prognosemodelle dabei, übergeordnete Trends zu verstehen. Dies ermöglicht eine dynamische Anpassung von Investitionsstrategien und erhöht die Widerstandsfähigkeit gegenüber plötzlichen Krisen.

Darüber hinaus erlaubt die Kombination verschiedener Zeitskalen eine ganzheitliche Sicht auf das Marktgeschehen. Kurzfristige Datenströme werden in Echtzeit verarbeitet, um sofortige Entscheidungen zu treffen, während langfristige Analysen auf fundamentalen Indikatoren basieren, die Stabilität und Nachhaltigkeit betonen. Diese adaptive Steuerung fördert nicht nur die Resilienz einzelner Marktakteure, sondern trägt auch zur Stabilität des gesamten Finanzsystems bei. Besonders in Zeiten globaler Unsicherheit oder wirtschaftlicher Umbrüche zeigt sich der Wert solcher Systeme, die flexibel auf neue Informationen reagieren und dennoch an übergeordneten Strategien festhalten können.²⁰

²⁰ **Reflektionsfrage:** Wo denkst du linear, obwohl dein Umfeld längst auf mehreren Ebenen gleichzeitig reagiert?

Mini-Übung: Beschreibe ein Problem auf drei Ebenen (Mikro, Meso, Makro). Was erkennst du dadurch neu?

Psychologie, Soziologie und Philosophie



Kurt Lewin

Der deutsche Psychologe *Kurt Lewin* (1890–1947) gilt als einer der Begründer der Sozialpsychologie und leistete wesentliche Beiträge zum Verständnis von Gruppen- und Veränderungsprozessen. Er war eng mit den Begründern der Gestaltpsychologie vernetzt und nahm an zwei Macy-Konferenzen teil, wodurch er auch von der Kybernetik beeinflusst wurde. *Lewin* wird zugeschrieben, den ursprünglich aus der Kybernetik stammenden Begriff Feedback in den allgemeinen Sprachgebrauch eingeführt zu haben. Seine Feldtheorie beschreibt soziale Systeme als dynamische Interaktion verschiedener Kräfte. *Lewin* fasste dies in nachfolgender Formel zusammen:

$$V = f(P, U)$$

Verhalten (V) ist eine Funktion der Person (P) und ihrer Umwelt (U), wobei beide wechselseitig aufeinander einwirken. Veränderungsprozesse innerhalb dieses Feldes hängen von den darin wirkenden Kräften ab. Mit der von ihm entwickelten Kraftfeldanalyse lassen sich hemmende und fördernde Kräfte identifizieren, um gezielt Veränderungen herbeizuführen. Ein weiteres zentrales Modell ist das 3-Phasen-Modell der Veränderung (Auftauen – Bewegen – Einfrieren), das beschreibt, wie Veränderungen initiiert, umgesetzt und stabilisiert werden. *Lewin* prägte zudem das Zitat:

„Wenn du etwas wirklich verstehen willst, versuche es zu ändern.“

Lewin entwickelte auch den Ansatz der Action Research, mit welchem beispielsweise Forschende und Praktiker gemeinsam Probleme analysieren, Lösungen testen, Ergebnisse auswerten und den Prozess iterativ anpassen. So entstehen praxisnahe und wissenschaftlich fundierte Veränderungen.

Konzept: *Kurt Lewin* begegnete Komplexität mit einem systemischen Ansatz, der soziale Systeme als dynamische Felder von Einflusskräften betrachtet. Sein 3-Phasen-Modell strukturiert Veränderungsprozesse, während die Kräftefeldanalyse zeigt, dass Veränderung effektiver ist, wenn hemmende Kräfte reduziert statt nur treibende verstärkt werden. Mit Action Research betonte *Lewin* zudem die Bedeutung von experimentellem Lernen und schrittweiser Anpassung.

Praktisches Handeln: Action Research in der Forschung. Beispiel: In einer Forschungsarbeit zum Komplexitätsmanagement wird der Action Research-Ansatz angewendet, um zu untersuchen, wie Unternehmen ihre Prozesse und Strukturen effizienter gestalten können. Hierfür wird die bestehende unternehmerische Komplexität analysiert und es werden in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern Lösungen wie Prozessvereinfachungen und IT-Optimierungen entwickelt und pilothaft umgesetzt. Durch kontinuierliches Feedback und Anpassungen werden die Auswirkungen der Veränderungen evaluiert. Darüber hinaus wird der Veränderungsprozess eng begleitet, indem regelmäßig Reflexionsschleifen mit den beteiligten Teams durchgeführt werden. Die iterative Vorgehensweise erlaubt es, neue theoretische Erkenntnisse zeitnah in der Praxis zu testen.²¹

²¹ **Reflektionsfrage:** Welche sozialen Kräfte wirken gerade auf dich und welche müsstest du verändern, um Bewegung zu ermöglichen?

Mini-Übung: Mache eine Kraftfeldanalyse: Welche Kräfte halten dich gerade zurück, welche treiben dich voran? Zeichne sie als Pfeile.



Niklas Luhmann

Der deutsche Jurist und Soziologe *Niklas Luhmann* (1927–1998) leistete wesentliche Beiträge zum Verständnis sozialer Systeme und ihrer Selbstorganisation. Er wurde unter anderem von *Humberto Maturana* und dessen Konzept der Autopoiesis beeinflusst und integrierte zentrale Ideen der Kybernetik in seine Systemtheorie. *Luhmann* beschreibt soziale Systeme als autopoietische, selbstreferenzielle Einheiten, die durch Kommunikation operieren. Ihre Entwicklung folgt einer eigenen internen Logik, die zu Pfadabhängigkeit führt, da sich Systeme selbst stabilisieren und Veränderungen nur innerhalb ihrer eigenen Strukturen zulassen.

In seiner Arbeit ersetzt er das klassische Subjekt-Objekt-Schema durch den Ansatz von System und Umwelt. Komplexität entsteht, weil die Umwelt immer mehr Möglichkeiten bietet, als das System verarbeiten kann. Er argumentiert, dass Komplexität durch Selektion beherrschbar ist. Die Frage, welche Information sinnvoll ist, führt zur Selbstregulation und Stabilisierung sozialer Systeme.

Für *Luhmann* ist die Kommunikation zentral in der Konstitution der Systeme. Der Begriff der Beobachtung zweiter Ordnung stammt ursprünglich von *Heinz von Foerster*, der ihn in der Kybernetik entwickelte, um die

Reflexion des eigenen Beobachtungsprozesses zu beschreiben. *Luhmann* übernahm dieses Konzept und erklärte, dass soziale Systeme nicht nur Ereignisse beobachten, sondern auch die Kriterien und Bedingungen reflektieren, nach denen sie diese Beobachtungen vornehmen. Dadurch lassen sich soziale Strukturen und Entscheidungsprozesse besser verstehen und steuern.

Konzept: *Niklas Luhmann* begegnet der Komplexität mit einem Ansatz, der soziale Systeme als autonome, selbstreferenzielle Einheiten versteht. Die Reduktion von Komplexität durch Selektion ist essenziell für soziale Systeme, um handlungsfähig zu bleiben. Mit der Theorie der Autopoiesis erklärt *Luhmann*, wie soziale Systeme sich durch Kommunikation selbst reproduzieren, während die Beobachtung zweiter Ordnung zeigt, dass Systeme nicht nur kommunizieren, sondern auch ihre eigene Wahrnehmung reflektieren. Diese Ansätze ermöglichen es, komplexe soziale Dynamiken zu verstehen und gezielt zu analysieren.

Praktisches Handeln: Komplexitätsmanagement in Unternehmen und Auswahl der richtigen Märkte. Beispiel: Ein Unternehmen, das mit zunehmender Marktkomplexität konfrontiert ist, könnte *Luhmanns* Ansatz der Komplexitätsreduktion anwenden, indem es selektiv Märkte auswählt, die besser zu seinen Stärken passt. Durch die Fokussierung auf bestimmte Märkte und differenzierte Angebote reduziert es Alternativen und Unsicherheiten, was zu einer wirksameren Nutzung von Ressourcen und einer besseren Marktposition führt.

Darüber hinaus kann die Organisation interne Strukturen schaffen bzw. sensibilisieren, die auf die Beobachtung zweiter Ordnung ausgerichtet sind. Also Strukturen, die nicht nur Entscheidungen treffen, sondern auch die eigenen Entscheidungsprozesse beobachten und reflektieren. Dies ermöglicht es dem Unternehmen, nicht nur auf externe Veränderungen zu reagieren, sondern auch die eigenen Beobachtungsmuster anzupassen. So kann beispielsweise ein Unternehmen, das im Technologiebereich tätig ist, durch gezielte Marktbeobachtung und die Reflexion darüber, wie es technologische Trends interpretiert und bewertet, eine höhere Anpassungsfähigkeit entwickeln.²²

²² **Reflektionsfrage:** Welche Kommunikationsmuster bestimmen dein Denken, ohne dass du sie bewusst gewählt hast?

Mini-Übung: Achte heute auf Kommunikationsmuster in deinem sozialen System. Was passiert, wenn du ein Muster z.B. bewusst mit einer Paradoxie durchbrichst?



Klaus Mainzer

Für den deutschen Mathematiker und Wissenschaftsphilosophen *Klaus Mainzer* (geb. 1949) stellt die Komplexitätswissenschaft eine integrative Wissenschaft dar, welche allgemeingültig ist. Komplexität enthält immer viele Elemente und dabei ist es egal, ob es sich um Zellen, Moleküle, Neuronen oder Menschen handelt. Gemäß *Mainzer* entstehen in kritischen Situationen neue Muster nicht allein durch die Elemente eines Systems, sondern auch durch deren Wechselwirkungen. Komplexe Systeme beeinflussen sich wiederum gegenseitig. Kritische Werte bei hochdimensionalen komplexen Systemen, welche ins Chaos führen, lassen sich nur schwer identifizieren, dies sieht man z.B. bei Klimamodellen und sozialen Systemen.

Insbesondere chaotische Systeme reagieren sensibel auf kleine Änderungen. Vorhersagen sind grundsätzlich schwer, laufen aber heutzutage über Computersimulationen mit Supercomputern. Er gibt an, dass Selbstorganisation auch zerstörerisch sein kann, siehe Krebs, der selbstorganisiert ist, aber letztlich seinen Wirt und sich zerstört. In diesem Kontext ist Balance (vgl. negative Rückkopplung) entscheidend und die Natur ist hierzu ein gutes Beispiel, siehe Räuber-Beute-Kreislauf. Für komplexe und

chaotische Systeme sind daher Frühwarnsystemen wichtig, um kritische Situationen zu vermeiden.

Konzept: *Klaus Mainzer* sieht Komplexität als Ergebnis dynamischer Wechselwirkungen, die oft nichtlinear und schwer vorhersagbar sind. Um kritische Schwellenwerte und chaotische Übergänge besser zu erkennen, betont er die Bedeutung von Frühwarnsystemen und Computersimulationen. Gleichzeitig sind negative Rückkopplungen essenziell, um Systeme stabil zu halten.

Praktisches Handeln: Künstliche Intelligenz in der Verkehrssteuerung. Beispiel: Moderne Städte nutzen KI-gestützte Verkehrsmanagementsysteme, um den Verkehr effizienter zu steuern. Echtzeit-Daten aus Sensoren und Kameras analysieren Verkehrsflüsse und passen Ampelschaltungen oder Umleitungen dynamisch an. So lassen sich Staus, Emissionen und Wartezeiten reduzieren. Beispielsweise setzt Singapur auf ein „Smart Traffic Management“, das durch KI Stauprognosen erstellt und den Verkehrsfluss optimiert. Dieser adaptive Ansatz folgt *Mainzers* Prinzipien. Frühwarnsysteme, Datenanalyse und selbstregulierende Algorithmen helfen, komplexe Systeme stabil zu halten.

Darüber hinaus können durch maschinelles Lernen potenzielle Problemzonen im Verkehr frühzeitig identifiziert werden, bevor es zu kritischen Überlastungen kommt. Simulationen ermöglichen es, verschiedene Eingriffe vorab zu testen und ihre Auswirkungen auf das gesamte System besser zu verstehen. Die kontinuierliche Rückkopplung zwischen Datenanalyse und Systemsteuerung schafft eine flexible und resiliente Infrastruktur, die sich an wechselnde Bedingungen wie Wetter, Baustellen oder Großereignisse anpassen kann. Damit zeigt sich, wie technologische Lösungen konkret zur Stabilisierung komplexer urbaner Systeme beitragen können.²³

²³ **Reflektionsfrage:** Wo erkennst du in der Natur negative (stabilisierende) Rückkopplungen, welche dich betreffende Systeme im Gleichgewicht halten?

Mini-Übung: Zeichne ein einfaches System mit Elementen und ihren Wechselwirkungen (z.B. Familie). Was passiert mit dem System, wenn du ein Element wegnimmst oder austauschst?

Biologische und ökologische Systeme



James Lovelock

James Lovelock (1919–2022) war ein britischer Umweltforscher, der mit seiner Gaia-Hypothese einen neuen Blick auf die Erde als sich selbstregulierendes System einführte. Gemäß *Lovelock* funktionieren die Erde und ihre Biosphäre wie ein lebendiger Organismus, der durch Rückkopplungsschleifen seine physikalischen und chemischen Bedingungen in einem stabilen Gleichgewicht hält, um Leben zu ermöglichen. Ozeane und Vegetation regulieren dabei gemeinsam den CO_2 -Gehalt und die Temperatur der Atmosphäre. *Lovelock* zeigte, dass Wechselwirkungen zwischen lebenden Organismen und ihrer anorganischen Umgebung die Komplexität und Stabilität des Erdsystems gewährleisten. Sein Ansatz betont die gegenseitige Abhängigkeit von Leben und Umwelt und verdeutlicht, dass Störungen im ökologischen Gleichgewicht weitreichende Auswirkungen haben können. Diese Sichtweise beeinflusste die Systemökologie und das Verständnis von globalen Umweltveränderungen.

Die „angesehene“ wissenschaftliche Gemeinschaft zeigte *Lovelocks* Gaia-Hypothese gegenüber jedoch eine überwiegend kritische Haltung.

Konzept: *Lovelocks* Konzept zur Bewältigung von Komplexität basiert auf der Gaia-Hypothese, welche die Erde als vernetztes, selbstregulierendes System beschreibt. Durch Rückkopplungsschleifen und gegenseitige Anpassung zwischen biologischen und geophysikalischen Prozessen erhält Gaia dynamisches Gleichgewicht und Stabilität.

Praktisches Handeln: Systemisches Denken und Rückkopplung zur Bewältigung von Komplexität. Beispiel: In der Klimaforschung wird *Lovelocks* Konzept genutzt, um Kipppunkte zu identifizieren und Rückkopplungseffekte wie das Schmelzen von Eisflächen und die Freisetzung von Methan aus Permafrostböden zu modellieren, um globale Klimaänderungen besser zu verstehen und frühzeitig Gegenmaßnahmen zu entwickeln.

Beispiel: In der nachhaltigen Stadtplanung wird das Gaia-Prinzip angewendet, um städtische Ökosysteme als selbstregulierende Systeme zu gestalten. Städte wie Kopenhagen integrieren Grünflächen und Wasserflächen, die Mikroklima und Luftqualität regulieren und Stabilität trotz urbaner Dynamik sichern. Solche Ansätze ermöglichen es, langfristige Wechselwirkungen und unerwartete Nebenfolgen frühzeitig zu erkennen. Dadurch können Strategien entwickelt werden, die nicht nur auf Symptome reagieren, sondern die Ursachen komplexer Probleme nachhaltig adressieren.²⁴

²⁴ **Reflektionsfrage:** Was denkst du über die Gaia Hypothese? Ergibt es Sinn für dich, dass die Erde als ganzes biologisches Ökosystem gesehen werden soll?

Mini-Übung: Wähle einen Ort in deiner Umgebung. Überlege, wie er sich selbst reguliert ökologisch oder sozial. Was erzeugt diese Balance?



Frederic Vester

Frederic Vester (1925–2003) deutscher Biochemiker und Pionier des vernetzten Denkens, der mit seiner Arbeit zur Sensitivitätsmodellierung einen wichtigen Beitrag zum Verständnis komplexer Systeme leistete. Er ist Autor des populären Buches: „Die Kunst, vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für den Umgang mit Komplexität.“ Gemäß *Vester* ist vernetztes Denken entscheidend, um die Dynamik und Wechselwirkungen in ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Systemen zu begreifen und nachhaltig zu steuern. Er entwickelte das Sensitivitätsmodell, ein computergestütztes Werkzeug zur dynamischen Simulation und Entscheidungsunterstützung, das komplexe Zusammenhänge durch Wechselwirkungsmatrixen und Regelkreise transparent macht. Ziel war es, die Folgen von Entscheidungen ganzheitlich zu betrachten und unerwartete Nebenwirkungen zu vermeiden. Dabei betonte *Vester* die Notwendigkeit, weiche Faktoren wie soziale und psychologische Einflüsse zu berücksichtigen. Sein Ansatz fördert ein ganzheitliches Management, das durch Rückkopplung und Selbstregulation nachhaltige Lösungen entwickelt.

Konzept: *Frederic Vesters* Ansatz des vernetzten Denkens und der Sensitivitätsmodellierung ermöglicht es, komplexe Systeme in ihrer dynamischen Wechselwirkung zu verstehen und zu steuern, indem Rückkopplungsschleifen und weiche Faktoren integriert werden. Dadurch wird eine ganzheitliche und adaptive Entscheidungsfindung gefördert, die unerwünschte Nebenwirkungen minimiert und nachhaltige Lösungen unterstützt.

Praktisches Handeln: Beispiel Unternehmensstrategie: In der Unternehmensstrategie kommt *Vesters* Sensitivitätsmodell zum Einsatz, um komplexe Marktsysteme zu simulieren und strategische Entscheidungsoptionen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Umsatz, Kundenverhalten, Wettbewerbsdynamik und interne Prozesse zu analysieren. Durch die Identifikation sensibler Stellgrößen und kritischer Einflussfaktoren mithilfe der Einflussmatrix können Unternehmen robuste Strategien entwickeln, die nicht nur kurzfristige Marktveränderungen berücksichtigen, sondern auch langfristige Resilienz gegenüber Unsicherheiten und disruptiven Entwicklungen aufbauen. Es können mittels der Einflussmatrix wichtige Größen / Hebel im System identifiziert werden, diese sind:

Aktive Größen – gute Hebel zur Einflussnahme

Kritische Größen – Vorsicht können Kettenreaktion auslösen

Reaktive Größen – kein Hebel, Indikatoren für Entwicklung

Träge Größen – vernachlässigbar

Vesters Sensitivitätsmodell unterstützt damit eine faktenbasierte, vernetzte Entscheidungsfindung, die Unternehmen hilft, komplexe Zusammenhänge besser zu verstehen und nachhaltige Strategien zu entwickeln.²⁵

²⁵ **Reflektionsfrage:** In welchem Bereich deines Lebens fehlt dir gerade ein vernetzter Blick?
Mini-Übung: Wähle ein aktuelles Problem oder eine Entscheidung und skizziere die beteiligten Faktoren, welche Wechselwirkungen hast du bisher übersehen und wie verändern sie deine Sicht auf mögliche Lösungen?



Lynn Margulis

Lynn Margulis (1938–2011) war eine US-amerikanische Biologin, deren Forschung die Sicht auf die Evolution und das Leben auf der Erde grundlegend veränderte. Mit ihrer Endosymbiontentheorie hinterfragte sie die etablierte Vorstellung von der Entstehung komplexer Zellen und zeigte, dass Kooperation und Symbiose zentrale Triebkräfte der Evolution sind. *Margulis* stellte fest, dass eukaryotische Zellen, also solche mit Zellkern und Organellen, aus der dauerhaften Aufnahme ehemals frei lebender Bakterien hervorgingen. So stammen Mitochondrien und Chloroplasten vermutlich von eigenständigen Organismen ab, die in einer für beide Seiten vorteilhaften Gemeinschaft in größeren Zellen überlebten. Diese Erkenntnis unterstreicht die Rolle von Kooperation und Symbiose in der Evolution und ergänzt das klassische Bild des Darwinismus, das oft auf Konkurrenz fokussiert.

Margulis' Arbeiten verdeutlichten, dass das Leben durch komplexe Interaktionen und gegenseitige Abhängigkeiten geprägt ist und dass Organismen nicht isoliert, sondern als integraler Teil von Gemeinschaften und Netzwerken

verstanden werden müssen. Nach ihrer Auffassung hat das Leben die Erde nicht durch Kampf, sondern durch Zusammenarbeit erobert:

„*Life did not take over the globe by combat, but by networking.*“

Die gängige Interpretation der darwinschen Evolutionstheorie, dass ausschließlich die Stärksten im Wettbewerb überleben, ist demnach zu einseitig. Stattdessen betonte *Margulis*, dass evolutionärer Erfolg aus kollaborativen Netzwerken entsteht. *Margulis* war eng mit *Lovelock* vernetzt und vertrat gemeinsam mit ihm die Gaia-Hypothese.

Konzept: *Margulis'* Ansatz zur Komplexität zeigt, dass Kooperation und Symbiose zentrale Prinzipien der Evolution und ökologischen Stabilität sind. Symbiotische Beziehungen ermöglichen neue Fähigkeiten und Anpassungen, wodurch komplexe Systeme durch Vernetzung und Integration entstehen. Anpassungsfähigkeit und Resilienz beruhen nicht nur auf Konkurrenz, sondern vor allem auf Zusammenarbeit. Ökosysteme sind dynamische Netzwerke aus Abhängigkeiten und Kooperation, die durch stetigen Austausch Stabilität und Vielfalt bewahren.

Praktisches Handeln: Kooperation zur Bewältigung von Komplexität. Ein Beispiel für erfolgreiche Kooperation in der Wirtschaft ist die integrierte Projektabwicklung (IPA) im Bauwesen, die das kooperative Prinzip von Lynn Margulis' Endosymbiontentheorie widerspiegelt. Wie in der Natur, wo Organismen durch Symbiose neue Fähigkeiten entwickeln, arbeiten hier alle Beteiligten wie z.B. Bauingenieure, Architekten, Bauunternehmer usw. eng zusammen, um ein Projekt effizient, kostengünstig und qualitativ hochwertig abzuschließen.

Durch frühzeitige Einbindung, faire Risikoteilung, Gleichrichtung der Interessen und das Verfolgen eines gemeinsamen Ziels werden Missverständnisse und Kosten reduziert. Diese Zusammenarbeit fördert Innovationen, steigert die Effizienz und reduziert Materialverschwendung, was zu einem erfolgreichen und nachhaltigeren Bauprojekt führt.²⁶

²⁶ **Reflektionsfrage:** Was könntest du erreichen, wenn du dich stärker mit anderen zusammen-tust, nicht nur kooperierst, sondern dich verbindest?

Mini-Übung: Reflektiere ein Beispiel für symbiotische Zusammenarbeit in deinem Alltag. Was macht sie erfolgreich?



Fritjof Capra

Der österreichisch-amerikanische Physiker *Fritjof Capra* (geb. 1939) hat mit seinen interdisziplinären Werken einen paradigmatischen Wandel im wissenschaftlichen Denken angestoßen. In seinem bekanntesten Buch „*The Tao of Physics*“ verbindet er Erkenntnisse der modernen Physik mit östlicher Philosophie und zeigt, dass die Welt nicht aus isolierten Einzelteilen, sondern aus miteinander verflochtenen Prozessen und Beziehungen besteht. *Capra* betont, dass alles Leben auf Netzwerken beruht, die durch den ständigen Austausch von Materie und Energie miteinander verbunden sind. Diese Sichtweise führte zu einem tiefgreifenden Verständnis von Natur, Wissenschaft und Gesellschaft.

Durch seine Arbeit in der Systemtheorie und Ökologie machte *Capra* deutlich, dass komplexe Systeme nur verstanden werden können, wenn ihre dynamischen Wechselwirkungen und Rückkopplungsschleifen berücksichtigt werden. Er zeigt, dass Stabilität und Wandel nicht durch lineare Kausalitäten, sondern durch zirkuläre Prozesse entstehen, in denen sich Ursache und Wirkung gegenseitig beeinflussen. *Capras* Denken hat die Systemökologie, Organisationsentwicklung und das Verständnis globaler Krisen wesentlich geprägt und bietet integrative Ansätze für nachhaltige Lösungen. Sein Online-

Kurs „Capra Course“ basiert auf seinem Buch „The Systems View of Life“ und kann uneingeschränkt empfohlen werden.

Konzept: *Capras* Konzept zur Bewältigung von Komplexität basiert auf einem systemischen Weltbild, das Netzwerke, Dynamik und Ganzheitlichkeit betont. Er sieht lebende Systeme als selbstorganisierende Netzwerke, die durch ständigen Austausch und Feedback verbunden sind. *Capra* argumentiert, dass Stabilität und Anpassungsfähigkeit aus der Fähigkeit entstehen, flexibel auf Veränderungen zu reagieren. Er betont, dass systemische Resilienz durch Vielfalt und Vernetzung entsteht und nachhaltige Lösungen nur möglich sind, wenn ökologische, soziale und ökonomische Aspekte als miteinander verflochtene Systeme betrachtet werden. *Capra* fordert ein Umdenken hin zu Kreisläufen und Netzwerken, um globale Herausforderungen zu meistern.

Praktisches Handeln: Ökologische Vernetzung im Garten- und Landschaftsbau. Beispiel: In der Permakultur wird ein Garten aufgebaut, in dem Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen in symbiotischen Beziehungen zusammenarbeiten. Zum Beispiel werden stickstoffbindende Pflanzen wie Erbsen neben Gemüsepflanzen wie Tomaten gesetzt, um das Wachstum zu fördern. Diese Vernetzung von Organismen stärkt die Resilienz und Anpassungsfähigkeit des Systems, indem sie natürliche Prozesse wie Nährstoffkreisläufe und Wasserversorgung nutzt. So entsteht ein nachhaltiges, selbstregulierendes Ökosystem, das *Capras* Prinzipien der Vernetzung und des Kreislaufs widerspiegelt.

Zusätzlich bieten vielfältige Lebensräume wie Hecken, Teiche oder Totholzhaufen Rückzugsorte für zahlreiche Tierarten, die wiederum zur Schädlingsbekämpfung beitragen. Durch die gezielte Auswahl standortgerechter Pflanzen wird außerdem die Biodiversität gefördert und das ökologische Gleichgewicht gestärkt. Langfristig führt dies zu einem geringeren Pflegeaufwand und einer höheren Stabilität gegenüber äußeren Einflüssen wie Wetterextremen oder Schädlingsbefall.²⁷

²⁷ **Reflektionsfrage:** Was bedeutet es für dich, in einem systemischen Kontext zu denken?

Mini-Übung: Überlege, wie du das Verständnis von Systemen in deinem Alltag anwenden kannst.

Hard Systems, Soft Systems and Critical Systems



Russell Ackoff

Russell Ackoff (1919–2009) war ein amerikanischer Systemtheoretiker und Managementwissenschaftler. Gemäß *Ackoff* ist ein System nicht einfach die Summe des Verhaltens seiner Teile, sondern vielmehr das Produkt ihrer Wechselwirkungen. Er betonte die emergenten Eigenschaften von Systemen, die durch das Zusammenspiel und die Koordination der Teile entstehen. Ein bekanntes Beispiel, das *Ackoff* oft anführte, um diese Idee zu verdeutlichen, ist das des Menschen als biologisches System. Der Mensch kann leben, aber keines seiner Einzelteile (wie das Herz, die Lunge oder das Gehirn) allein kann dies. Der Mensch kann denken, aber das Gehirn allein kann nicht denken. Der Mensch kann sehen, aber die Augen allein können nicht sehen. Der Mensch kann schreiben, aber eine Hand allein kann nicht schreiben.

Ackoff verwendete auch Beispiele aus anderen Bereichen, um seine Sicht auf Systeme zu veranschaulichen. Zum Beispiel betrachtete er Autos als technische Systeme. Ein Auto kann fahren, aber der Motor allein kann nicht

fahren. Es bedarf der Interaktion und Integration verschiedener Komponenten, wie dem Motor, den Rädern, der Lenkung und dem Antriebsstrang, um die Funktion des Fahrens zu ermöglichen. *Russell Ackoff* war ein Pionier auf dem Gebiet der Systemtheorie und hat zahlreiche Beiträge zur Managementwissenschaft und zur Betrachtung von komplexen Systemen geleistet.

Auf *Ackoff* gehen das Interactive Planning und das damit einhergehende Idealized Design zurück. Beim Interactive Planning wird die Zukunft aktiv und gemeinsam mit allen Beteiligten gestaltet, anstatt nur bestehende Probleme zu lösen. Idealized Design hingegen entwirft ein zukünftiges ideales System ohne Einschränkungen und plant dann rückwärts, um es zu realisieren. Beide Methoden betonen ganzheitliches Denken und eine proaktive, zukunftsorientierte Herangehensweise an komplexe Systeme.

Konzept: *Russell Ackoff* vertrat die Ansicht, dass komplexe Probleme nicht durch die Zerlegung in einzelne Bestandteile gelöst werden können, sondern durch das Erkennen und Gestalten der Wechselwirkungen im Gesamtsystem. Sein Ansatz basierte unter anderem auf systemischem Denken, Interactive Planning und Idealized Design.

Praktisches Handeln: Optimierung des Gesamtsystems. Beispiel: In den 1950er-Jahren hatte Toyota mit ineffizienten Produktionsprozessen, langen Durchlaufzeiten und häufigen Materialengpässen zu kämpfen. Anstatt sich auf die isolierte Lösung einzelner Probleme, etwa durch punktuelle Prozessverbesserungen oder die Erhöhung von Lagerbeständen zu konzentrieren, wählte Toyota einen ganzheitlichen Ansatz. Das Unternehmen analysierte die gesamte Wertschöpfungskette und erkannte, dass die Probleme nicht isoliert, sondern als Ausdruck tieferliegender systemischer Zusammenhänge zu verstehen waren. Aus dieser systemischen Perspektive entwickelte Toyota das Just-in-Time (JIT)-Prinzip, das Produktion und Logistik als integriertes, dynamisches System versteht. Ziel war es, Verschwendung zu minimieren, den Materialfluss zu synchronisieren und nur das zu produzieren, was tatsächlich benötigt wird. Dabei wurde besonderer Wert auf kontinuierliches Feedback und iterative Verbesserungen gelegt. Alle Mitarbeitenden, vom Bandarbeiter bis zur Führungskraft, wurden aktiv in diesen Lern- und Verbesserungsprozess eingebunden.²⁸

²⁸ **Reflektionsfrage:** Denke über ein Problem nach, das du nicht lösen konntest. Wie wäre der zukünftige ideale Zustand dafür?

Mini-Übung: Skizziere deine persönliche Zukunft der nächsten fünf Jahre. Entwickle die Schritte von dieser Zukunft nun rückwärts auf den heutigen Tag.



Peter Checkland

Peter Checkland (geb. 1930) ist ein britischer Systemwissenschaftler, der für seine Arbeit im Bereich der Soft Systems Methodology (SSM) bekannt ist. Er hat einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung des systemischen Denkens geleistet. *Checkland* betont die Bedeutung der Betrachtung von sozialen Systemen und komplexen Problemen. Seine Soft Systems Methodology (SSM) ist ein Ansatz zur Bewältigung solcher Probleme, bei dem die menschlichen Perspektiven und die Vielfalt der Stakeholder berücksichtigt werden. Die SSM zielt darauf ab, die Komplexität der sozialen Realität zu erfassen und Probleme auf eine strukturierte und systematische Weise anzugehen. Ein zentrales Konzept in *Checklands* Arbeit ist die Betrachtung von Systemen im Kontext ihrer Wechselwirkungen mit anderen Systemen. Er weist darauf hin, dass jedes System Teil einer größeren Umgebung ist und durch soziale, organisatorische und technologische Faktoren beeinflusst wird. Diese Wechselwirkungen zwischen den Systemen können zu emergenten Eigenschaften und unvorhersehbaren Ergebnissen führen.

Checkland betont daher die Notwendigkeit, Systeme als Teil eines größeren Kontextes zu betrachten und die Wechselwirkungen zwischen ihnen zu verstehen. *Checklands* Ansatz ist nicht nur auf die Analyse und das

Verständnis von Systemen ausgerichtet, sondern auch darauf, konkrete Handlungsschritte zur Lösung von Problemen abzuleiten. Er betont die Bedeutung des Dialogs und der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Stakeholdern, um gemeinsam innovative und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Peter Checkland hat mit seiner Arbeit maßgeblich zur Weiterentwicklung des systemischen Denkens und zur praktischen Anwendung von Systemansätzen beigetragen.

Konzept: *Peter Checklands* Ansatz zur Bewältigung von Komplexität basiert auf der Soft Systems Methodology (SSM), die komplexe, unstrukturierte Probleme in sozialen Systemen adressiert. Er weist auf die Bedeutung der vielfältigen Perspektiven der Stakeholder und den Dialog zwischen ihnen hin. Anstatt Probleme isoliert zu betrachten, sieht er sie als Teil eines größeren Systems, dessen Wechselwirkungen oft unvorhersehbare Ergebnisse erzeugen. Der Fokus liegt darauf, die Komplexität systematisch zu verstehen und durch Zusammenarbeit Lösungen zu entwickeln.

Praktisches Handeln: Umstrukturierung der Informationssysteme im Gesundheitswesen. Beispiel: Um die Patientenversorgung effizienter zu gestalten, insbesondere im Bereich der Terminvergabe für ambulante Behandlungen, arbeitet ein interdisziplinäres Team bestehend aus Ärzten, Pflegekräften, Verwaltungsangestellten und Patientenvertretungen zusammen. In mehreren Workshops wurden auf Basis der Soft Systems Methodology (SSM) unterschiedliche Perspektiven gesammelt und gemeinsam analysiert. Ein zentrales Werkzeug in diesem Prozess war das sogenannte Rich Picture, eine bildhafte Darstellung der Situation, in der sowohl die beteiligten Akteure, ihre Interessen und Rollen als auch bestehende Probleme, Informationsflüsse und Spannungsfelder visualisiert wurden. Das Rich Picture diente dazu, die Komplexität der Situation anschaulich zu machen und ein gemeinsames Verständnis der Ausgangslage zu schaffen. Es erleichterte den Austausch zwischen den Beteiligten und half, Missverständnisse frühzeitig zu erkennen. Ziel war es, Abläufe so zu gestalten, dass sie sowohl für Patienten als auch für das medizinische Personal praktikabler und nachvollziehbarer sind.²⁹

²⁹ **Reflektionsfrage:** In welcher Situation wärest du bereit, eine Lösung nicht zu suchen, sondern sie gemeinsam entstehen zu lassen?

Mini-Übung: Wähle ein Thema, bei dem mehrere Perspektiven beteiligt sind. Gestalte ein gemeinsames Bild (Rich Picture) mit anderen, lass die Lösung durch Partizipation entstehen.



Mike C Jackson

Mike C. Jackson (geb. 1951) ist ein britischer Systemwissenschaftler, der sich mit der Integration und kritischen Auseinandersetzung verschiedener systemtheoretischer Ansätze beschäftigt hat. Er ist ein wichtiger Vertreter des Critical Systems Thinking (CST) und entwickelte die Systems of Systems Methodology (SOSM), um mit Komplexität umzugehen. Dabei schlägt er verschiedene systemische Ansätze für unterschiedliche Komplexitätsgrade und Systemzustände vor. Besonders betont er die Bedeutung des Faktors Mensch und seiner Beteiligung in komplexen Systemen.

Die SOSM unterscheidet auf der vertikalen Achse (um was für ein System es sich handelt) zwischen einfachen und komplexen Systemen und auf der horizontalen Achse (wer die Teilnehmer im System sind) zwischen Einheitlichkeit (d.h. ein gemeinsames Verständnis oder eine gemeinsame Meinung zu einer Sache), Pluralismus (d.h. respektiertes unterschiedliches Verständnis oder unterschiedliche Meinungen zu einer Sache) und Zwang (ähnlich wie der Pluralismus, jedoch kann hier Macht im System eine Rolle spielen und Zwang ausüben). Durch diese Zuordnung kann eine von zehn systemischen Methoden passend zur jeweiligen Situation ausgewählt werden.

Konzept: *Mike C. Jacksons* Konzept zur Bewältigung von Komplexität basiert auf seiner Systems of Systems Methodology (SOSM), die unterschiedliche systemische Ansätze je nach Komplexitätsgrad und sozialen Dynamiken vorschlägt. *Jacksons* Ansatz ermöglicht es, durch die

Kombination dieser Dimensionen eine passende Methode auszuwählen, um die Komplexität in verschiedenen Kontexten effektiv zu steuern und Lösungen zu entwickeln, die sowohl die Struktur des Systems als auch die sozialen Interaktionen der Beteiligten berücksichtigen.

Praktisches Handeln: Politische Entscheidungsprozesse mit der SOSM. Beispiel: In politischen Entscheidungsprozessen treffen unterschiedliche Parteien und Interessengruppen mit teils widersprüchlichen Interessen aufeinander. Solche Prozesse sind vertrackt, da sie nicht nur sachliche, sondern auch soziale, kulturelle und machbezogene Dynamiken umfassen. Die Systems of Systems Methodology (SOSM) kann in solchen Situationen eine wertvolle Hilfestellung bieten. Ihr zentraler Nutzen liegt darin, systematisch einzuschätzen, welche systemische Methode, etwa SSM, CST oder VSM, für die jeweilige Situation am geeignetsten ist. Die SOSM fungiert als eine Art übergeordnete Orientierungshilfe oder „Meta-Modell“, das die Auswahl passender Methoden ermöglicht. Sie hilft zu erkennen, ob es beispielsweise darum geht, Konsens zu schaffen (Einheitlichkeit) oder ob ein pluralistischer Ansatz erforderlich ist, bei dem verschiedene Sichtweisen gleichwertig berücksichtigt werden sollten. Diese Einschätzung ist entscheidend, da sie beeinflusst, wie man mit Komplexität, Konflikten und Machtverhältnissen umgeht.

In autoritären politischen Systemen, in denen Zwang und hierarchische Steuerung dominieren, zeigt die SOSM auf, dass Methoden nötig sind, die sowohl Machtverhältnisse kritisch reflektieren als auch die Reaktionen und Bedürfnisse der Bevölkerung einbeziehen. In solchen Kontexten kann etwa Critical Systems Thinking (CST) sinnvoll sein, das gezielt Fragen nach Macht, Gerechtigkeit und Ausgrenzung stellt. In demokratischeren Prozessen, wo es eher darum geht, verschiedene Perspektiven zu integrieren und tragfähige Lösungen zu entwickeln, kann die Soft Systems Methodology (SSM) hilfreich sein. Sie ermöglicht es, die oft widersprüchlichen Sichtweisen der Beteiligten zu erfassen und dialogisch in den Entscheidungsprozess einzubinden. Wenn es um die organisatorische Steuerungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit politischer Systeme geht, kann zudem das Viable Systems Model (VSM) Orientierung bieten. Insgesamt erlaubt die SOSM eine fundierte, situationsspezifische Auswahl systemischer Methoden.³⁰

³⁰ **Reflektionsfrage:** Welche unterschiedlichen Systemmethoden brauchst du, um die Vielschichtigkeit deiner aktuellen Herausforderung gut zu erfassen?

Mini-Übung: Wähle eine konkrete Herausforderung, analysiere sie mit der SOSM hinsichtlich ihrer Komplexität und wähle eine passende Methode.

Management



Peter Drucker

Der Österreicher *Peter Drucker* (1909–2005) gilt als einer der einflussreichsten Pioniere der modernen Managementlehre. Er ist vor allem bekannt für seine wegweisenden Beiträge zur Organisationstheorie und für das Konzept des “Management by Objectives” (MBO), das noch heute in vielen Unternehmen als grundlegende Managementmethode verwendet wird. *Drucker* betonte, dass Führungskräfte klare Ziele setzen und die Leistung der Mitarbeiter anhand dieser Ziele messen sollten, um die Effizienz und Effektivität von Organisationen zu steigern. Darüber hinaus legte er besonderen Wert auf die Bedeutung von Marketing und Innovation als zentrale Treiber des Unternehmenserfolges.

Drucker entwickelte auch den Begriff des Wissensarbeiters, um die wachsende Bedeutung von Wissen und Fachkenntnissen in modernen Organisationen zu betonen. Er erkannte, dass Wissen der Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist und dass der Umgang mit Wissen und die Förderung von Wissensarbeitern eine zentrale Rolle spielen. Angesichts der zunehmenden Komplexität in Organisationen empfahl *Drucker*, die Beziehungen innerhalb von Unternehmen zu vereinfachen. Dies konnte durch die Reduzierung von Komplexität in Strukturen und Prozessen

sowie durch Klarheit und Fokussierung auf die wesentlichen Aufgaben und Ziele erreicht werden. *Drucker* gibt an, dass dies nicht nur die Effizienz fördert, sondern auch das Verständnis und die Motivation der Mitarbeiter stärkt. Schließlich war *Drucker* überzeugt, dass Menschen das wertvollste Kapital eines Unternehmens sind und dass die Wertschätzung und Förderung der Mitarbeiter eine zentrale Voraussetzung für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens darstellt.

Konzept: *Peter Druckers* Konzept zur Bewältigung von Komplexität basiert auf Vereinfachung, klaren Zielen und Dezentralisierung. Er empfahl, Strukturen und Prozesse zu vereinfachen, Verantwortung auf niedrigere Ebenen zu verlagern und klare Ziele zu setzen (Management by Objectives). Zudem betonte er die Bedeutung von Wissen als wertvollste Ressource und sah in kontinuierlicher Innovation sowie einer langfristigen Perspektive Schlüssel zur erfolgreichen Bewältigung von Komplexität.

Praktisches Handeln: Wissensmanagement in der Organisation einführen und betreiben. Im Sinne *Peter Druckers* bedeutet dies, Wissen systematisch zu erfassen, zu teilen und produktiv einzusetzen, immer mit dem Blick auf die strategischen Ziele des Unternehmens. Ein praxisnahes Beispiel ist die Etablierung einer unternehmensweiten Wissensmanagement-Plattform, auf der Mitarbeitende Best Practices, Erfahrungen und Problemlösungen austauschen können. Das fördert nicht nur den Wissensaustausch, sondern stärkt auch die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit und das Innovationsvermögen. Dabei ist auf eine benutzerfreundliche technische Umsetzung zu achten, die sich nahtlos in bestehende Arbeitsprozesse integrieren lässt. Damit Wissensmanagement langfristig wirksam ist, bedarf es einer strategischen Verankerung und einer unterstützenden Unternehmenskultur. Führungskräfte spielen hierbei eine Schlüsselrolle, indem sie aktives Wissensverhalten vorleben und gezielt fördern.³¹

³¹ **Reflektionsfrage:** Wie könntest du deine Aufmerksamkeit auf das Wesentliche richten, um effektivere Entscheidungen zu treffen?

Mini-Übung: Identifiziere eine aktuelle Entscheidung, die du treffen musst. Setze dir bewusst ein Ziel, das es dir erlaubt, den Fokus auf das Wesentliche zu legen und die unwichtigen Details zu minimieren.



Hans Ulrich

Der Schweizer *Hans Ulrich* (1919–1997) begründete als Erster in Europa eine ganzheitliche Managementlehre, die auf der Systemtheorie und Kybernetik basierte. Ziel war es, einen wirksamen Umgang mit zunehmender Komplexität zu ermöglichen. Aus seiner Arbeit entstand auch das St. Galler Management-Modell. Die von *Ulrich* geprägte Schweizer Managementschule wurde stark durch die britische Kybernetik beeinflusst, insbesondere durch *Stafford Beer* und dessen Viable System Model. Dieser Einfluss zeigt sich bis heute bei *Ulrichs* Schülern wie *Fredmund Malik*, *Peter Gomez* oder deren Schülern wie etwa *Martin Pfiffner*. *Ulrich* prägte zudem eine heute weit verbreitete Unterscheidung zwischen Kompliziertheit und Komplexität. Er definierte Komplexität wie folgt:

„Komplexität ist die Fähigkeit eines Systems, in kurzen Zeiträumen eine große Anzahl verschiedener Zustände anzunehmen.“

Damit wird der Unterschied deutlich: Komplizierte Systeme bestehen aus vielen Komponenten, deren Zusammenspiel verstanden und vorhergesagt werden kann. Komplexe Systeme hingegen verändern sich schnell und unvorhersehbar, was die Steuerung erheblich erschwert. *Ulrich* erkannte, dass der Umgang mit solchen Systemen eine neue Art des Managements erfordert,

jenseits von Taylorismus und mechanistischer Planungslogik. Er plädierte für ein systemisches Management, das auf klaren Strukturen, sinnvollen Entscheidungsregeln, Prozessen, Feedbackschleifen, kontinuierlicher Verbesserung und hoher Anpassungsfähigkeit beruht.

Konzept: *Hans Ulrichs* Konzept im Umgang mit Komplexität basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz, der auf der Systemtheorie und Kybernetik basiert. Er unterscheidet zwischen Kompliziertheit (Struktur eines Systems) und Komplexität (zeitliche Variabilität und unvorhersehbares Verhalten). Ulrich schlägt vor, komplexe Systeme durch klare Strukturen, Prozesse und Entscheidungsregeln zu managen, die kontinuierlich verbessert und an Veränderungen angepasst werden, um effektiv mit Unsicherheit und Komplexität umzugehen.

Praktisches Handeln: Eine ganzheitliche Sicht auf das Management von Unternehmen. Beispiel: Durch den Einfluss von *Hans Ulrich* und der von ihm geprägten systemorientierten Betriebswirtschaftslehre begannen viele Unternehmen, ihre internen Strukturen und Prozesse nicht mehr isoliert zu betrachten, sondern als Teile eines Gesamtsystems. Anstelle eines rein funktionalen Managements, bei dem etwa Produktion, Vertrieb und Finanzen getrennt voneinander optimiert wurden, rückte das Verständnis für die gegenseitigen Abhängigkeiten und Rückkopplungseffekte zwischen den Unternehmensbereichen in den Vordergrund.

Unternehmen begannen, Szenarien zu entwickeln, in denen sie Wechselwirkungen antizipierten und Strategien darauf ausrichteten, flexibel auf unterschiedliche Entwicklungen reagieren zu können. Beispielsweise wurde eine neue Marktstrategie nicht mehr isoliert betrachtet, sondern gleichzeitig mit Auswirkungen auf die Lieferkette, die Personalstruktur, die Unternehmenskultur und das IT-System.³²

³² **Reflektionsfrage:** Mach dir den Unterschied zwischen Kompliziert und Komplex nochmal bewusst. Warum ist die Unterscheidung relevant?

Mini-Übung: Skizziere eine Entscheidungssituation in deinem Umfeld. Gibt es dafür klare Strukturen, Prozesse und Regeln?



Fredmund Malik

Fredmund Malik (geb. 1944) ist ein österreichischer Wirtschaftswissenschaftler und Managementkybernetiker. Sein Hochschullehrer war *Hans Ulrich*, der die Systemwissenschaften nach St. Gallen holte und das St. Gallener Managementmodell begründete. Auch *Peter Drucker*, *Stafford Beer* und *Frederick Vester* haben ihn u.a. maßgeblich beeinflusst. Er ist Autor vieler Managementbücher, wovon einige eine breite populäre Leserschaft haben, z.B. sein Buch „Führen, Leisten, Leben: Wirksames Management für eine neue Welt“, in welchem er beschreibt, wie das Handwerk des Managers und der Umgang mit Komplexität erlernbar ist. Er definiert hierbei sechs Grundsätze für wirksames Management:

1. Resultatorientierung: Der Fokus liegt auf konkreten Ergebnissen und dem Nutzen für das Unternehmen.
2. Beitrag zum Ganzen: Jede Tätigkeit sollte einen erkennbaren Wert für die Organisation oder Gesellschaft haben.
3. Konzentration auf Weniges: Effektive Manager setzen Prioritäten und vermeiden Verzettlung.

4. Stärken nutzen: Statt an Schwächen zu arbeiten, sollen individuelle und organisationale Stärken gezielt eingesetzt werden.
5. Vertrauen: Eine Kultur des Vertrauens ist essenziell für nachhaltigen Erfolg.
6. Positive und konstruktive Einstellung: Ein lösungsorientiertes Mindset ist entscheidend für wirksames Management.

Diese Prinzipien sind zentral in *Maliks* Managementansatz, der darauf abzielt, Organisationen zukunftsicher zu machen.

Konzept: *Fredmund Malik*s Konzept im Umgang mit Komplexität basiert auf einem kybernetischen Managementansatz, der Unternehmen als dynamische, sich selbst regulierende Systeme betrachtet. Anstatt sie zentral zu steuern, setzt er auf systemisches Denken, klare Strukturen und adaptive Entscheidungsmechanismen. Da Komplexität nicht vollständig beherrschbar ist, plädiert *Malik* für Fokussierung auf das Wesentliche, wie es in seinen sechs Management-Grundsätzen deutlich wird.

Praktisches Handeln: Einführung des systemischen Managements im Unternehmen. Beispiel: Unternehmen sind als komplexe, dynamische Systeme zu verstehen, in denen verschiedene Elemente miteinander vernetzt und wechselseitig voneinander abhängig sind. Systemisches Management ist das Management vieler, es erkennt Vielschichtigkeit an und fördert ein Denken in Zusammenhängen statt in isolierten Einzelteilen. Führungskräfte sind dabei gefordert, das gesamte System im Blick zu behalten, Entscheidungen auf Basis langfristiger Ziele zu treffen und die funktionale Wirksamkeit des Unternehmens nachhaltig zu steigern.

Ein zentrales Konzept von *Fredmund Malik* ist das *Malik* Management System (MMS). Es bietet eine methodisch fundierte Grundlage zur Analyse, Steuerung und Optimierung von Organisationen. Es schult Führungskräfte darin, mit Hilfe systemorientierter Prinzipien erfolgreich durch komplexe und instabile Umfelder zu navigieren.³³

³³ **Reflektionsfrage:** Welche Elemente in deiner Organisation müssten besser ausbalanciert werden, statt sie einzeln zu optimieren?

Mini-Übung: Liste 5 zentrale Elemente deiner Organisation auf. Verbinde die Elemente, die in einem Spannungsverhältnis zueinander stehen (z.B. Qualität ↔ Geschwindigkeit).



Ralph D. Stacey

Der britische Organisations- und Managementforscher *Ralph D. Stacey* (1942–2021) gilt als Pionier, wenn es darum geht, Ansätze aus den Naturwissenschaften zur Komplexität mit dem Verständnis von Organisationen und Management zu verbinden und fruchtbar zu nutzen. *Staceys* Arbeit wurde von der Chaostheorie und den komplexen adaptiven Systemen beeinflusst. Er entwickelte die *Stacey-Matrix*. Diese wurde entwickelt, um die Dynamik und Komplexität von Entscheidungssituationen in Organisationen einzuordnen. Sie wurde nicht entwickelt, um pauschale Methoden abzuleiten, sondern um Denken und Handeln bewusster zu gestalten.

Aufgrund der falschen Nutzung der *Stacey-Matrix* lehnte er jedoch später die Verwendung dieser ab und entwickelte zusammen mit Kollegen seiner Fakultät die „Theory of Complex Responsive Processes of Relating“ (Theorie komplexer reaktiver Beziehungsprozesse). Hier liegt der Fokus auf der Betonung der Rolle von Menschen in Organisationen und ihren dynamischen Interaktionen, die zu emergenten Verhaltensweisen führen.

Dieser Ansatz berücksichtigt die nichtlinearen und nichtdeterministischen Aspekte von Organisationen und betont die Bedeutung von Beziehungen und Interaktionen zwischen den Akteuren. Die „Theory of Complex Responsive Processes of Relating“ baut auf dem Verständnis auf, dass Organ-

isationen komplexe soziale Systeme sind, in denen sich Beziehungen, Interaktionen und Verhaltensweisen kontinuierlich entwickeln und anpassen. Sie geht davon aus, dass das Verhalten von Organisationen und ihren Mitgliedern nicht vorhersehbar oder steuerbar ist, sondern emergent entsteht.

Dies bedeutet, dass die individuellen Handlungen und Entscheidungen der Menschen in der Organisation miteinander verbunden sind und sich gegenseitig beeinflussen, was zu einer Dynamik führt, die nicht einfach vorherbestimmt werden kann. Die Theorie betont auch die Bedeutung von Reflexivität und wechselseitiger Beeinflussung in den Beziehungen innerhalb der Organisation. Sie legt nahe, dass die Wahrnehmungen, Interpretationen und Bedeutungen, die Menschen den Situationen und Ereignissen zuschreiben, ihre Interaktionen und Handlungen prägen. Dies führt dazu, dass sich die Organisation und ihre Mitglieder in einem ständigen Prozess des Reagierens, Anpassens und Neuinterpretierens befinden.

Konzept: *Ralph D. Stacey* sieht Organisationen als komplexe soziale Systeme, in denen Veränderungen durch Interaktionen entstehen, statt durch Planung und Kontrolle gesteuert zu werden. Seine “Theory of Complex Responsive Processes of Relating” betont, dass Innovation und Wandel aus alltäglichen Dialogen, Konflikten und kollektiver Reflexion hervorgehen. Führung bedeutet daher, Unsicherheit anzunehmen und Räume für soziale Interaktion zu schaffen, anstatt starre Strukturen durchzusetzen.

Praktisches Handeln: Führung als Moderation von Beziehungen. Beispiel: In *Staceys* Verständnis bedeutet Führung das bewusste Gestalten von sozialen Interaktionen. Führungskräfte schaffen Räume für Dialog, Reflexion und gemeinsames Lernen, in denen unterschiedliche Perspektiven aufeinandertreffen und gemeinsam ausgehandelt werden. Fehler, Konflikte und Unsicherheiten werden nicht als Störungen gesehen, sondern als Gelegenheiten für Weiterentwicklung und Innovation.

Entscheidungen entstehen dabei nicht isoliert an der Spitze, sondern im Zusammenspiel vieler Beteiligter, wodurch Organisationen anpassungsfähiger und resilienter gegenüber Komplexität werden.³⁴

³⁴ **Reflektionsfrage:** Wo brauchst du weniger Plan und mehr Präsenz im Hier und Jetzt, um sinnvoll zu führen bzw. geführt zu werden?

Mini-Übung: Wähle eine aktuelle Entscheidungssituation, verorte sie in der Stacey-Matrix.

Systemische Beratung und Systems Practice



Fritz B. Simon

Fritz B. Simon (geb. 1953) ist ein deutscher Mediziner, Psychiater, Systemtheoretiker und Organisationsberater. Er gilt als eine der zentralen Figuren der systemischen Bewegung im deutschsprachigen Raum und hat maßgeblich zur Verbreitung und Weiterentwicklung systemischen Denkens in Psychotherapie, Beratung und insbesondere in Organisationen beigetragen. Seine wissenschaftlichen Wurzeln liegen in der systemischen Therapie. Früh wurde er von einflussreichen Denkern wie *Paul Watzlawick*, *Heinz von Foerster*, *Humberto Maturana* und *Niklas Luhmann* geprägt. Diese Einflüsse verbindet er in seinem Werk auf eigenständige Weise und entwickelt daraus ein spezifisches systemtheoretisches Verständnis menschlicher Kommunikation, sozialer Systeme und organisationaler Dynamiken.

Simon beschäftigt sich intensiv mit der Anwendung systemtheoretischer Konzepte auf Führung, Management, Entscheidungs- und Veränderungsprozesse in Organisationen. Dabei plädiert er für ein Verständnis von Organisationen als lebendige, selbstorganisierende Systeme, deren Dynamik nicht linear steuerbar, sondern nur verstehbar und beeinflussbar ist. Durch seine Arbeit hat *Fritz B. Simon* einen nachhaltigen Einfluss auf die Entwicklung systemischer Theorie und Praxis genommen, nicht nur in der Psychotherapie, sondern auch in der Organisationsberatung, im Coaching und in der Führungskräfteentwicklung.

Konzept: *Fritz B. Simons* Konzept im Umgang mit Komplexität basiert auf einem konstruktivistisch-systemtheoretischen Ansatz, in dem Organisationen als autopoietische Systeme beschrieben werden, die durch Kommunikation bestehen und sich selbst erhalten. Entscheidungen erzeugen neue Entscheidungen, so entsteht ein dynamisches Geflecht, das nicht zentral steuerbar ist. In diesem Kontext bedeutet Führung, Sinnangebote bereitzustellen, die Anschlussfähigkeit ermöglichen und Orientierung geben. Komplexität lässt sich nicht reduzieren, sondern nur durch Struktur, Rollenklärung und Kommunikation produktiv machen.

Praktisches Handeln: Einführung von systemischem Denken in Organisationen. Beispiel: Unternehmen werden als Entscheidungssysteme betrachtet, deren Kommunikation gezielt analysiert und beeinflusst werden kann. Führungskräfte sollten nicht versuchen, alles zu kontrollieren, sondern Räume für Selbstorganisation etablieren. Zentrale Werkzeuge sind hierbei die systemische Aufstellung, die Analyse organisationaler Paradoxien sowie der bewusste Umgang mit blinden Flecken in sozialen Systemen.

Entscheidungen sollen nicht vereinfacht, sondern in ihrer komplexen Verflechtung verstanden und gestaltet werden. Führung bedeutet dabei vor allem, die Bedingungen für gute Entscheidungen zu gestalten. Dies erfolgt durch klare Rollen, transparente Kommunikationswege und Förderung von Reflexion. Ziel ist es, Organisationen robust gegenüber unerwünschten Veränderungen zu machen, nicht durch rigide Steuerung, sondern durch Lernfähigkeit und Irritationsbereitschaft, um diese produktiv nutzbar zu machen.³⁵

³⁵ **Reflektionsfrage:** Was in eurem Team müsste sich ändern, damit das Problem aufhört, sinnvoll zu sein?

Mini-Übung: Identifiziere ein Paradox in deinem Arbeitsalltag und überlege, wer davon profitiert, dass es unlösbar bleibt.



Patrick Hoverstadt

Patrick Hoverstadt ist ein britischer Berater und Autor, der sich auf die Anwendung systemischer Ansätze zur Analyse und Gestaltung von Organisationen spezialisiert hat. Er wurde insbesondere von der Arbeit von *Gregory Bateson* und *Stafford Beer* beeinflusst. Seine Expertise liegt in den Bereichen Strategie, Organisationsanalyse und -design und Veränderungsmanagement. *Hoverstadt* hat eigene systemische Ansätze wie *Patterns of Strategy* und *Mosaic Transformation* entwickelt. Mit seinem Buch „*The Systems Grammar*“ rückt er die heuristischen Systemgesetze des Systemdenkens und deren Anwendung in den Fokus. Er vertritt den britischen multimethodischen Ansatz des Systemdenkens, ähnlich wie *Mike C. Jackson*, und ist ein starker Vertreter der *Systems Practice*, also der praktischen Anwendung häufig theorielastiger systemischer Konzepte.

Konzept: *Patrick Hoverstadt* geht im Umgang mit Komplexität davon aus, dass Organisationen als lebensfähige, selbstregulierende Systeme betrachtet werden sollten. Er nutzt das *Viable System Model (VSM)* zur Analyse von Organisationen und fördert mit *Patterns of Strategy* dynamische, anpassungsfähige Strategien. Mit der *Mosaic Transformation* unterstützt er schrittweise, modulare Veränderungsprozesse. Sein multimethodischer Ansatz kombiniert verschiedene systemische Methoden, um praxisorientierte Lösungen für komplexe organisatorische Herausforderungen zu finden.

Praktisches Handeln: Strategische Unternehmenplanung. Beispiel: Im Bereich der strategischen Planung bietet das von *Hoverstadt* mitentwickelte Konzept der “Patterns of Strategy” Organisationen innovative Methoden an, um ihre strategische Ausrichtung zu planen und anzupassen. Durch die Identifizierung und Anwendung spezifischer Muster können Unternehmen auf Veränderungen im Marktumfeld reagieren und ihre Position stärken.

Ein Beispiel für ein Pattern of Strategy ist die „First Mover“-Strategie. Unternehmen, die frühzeitig eine neue Marktchance ergreifen, können sich durch Innovation und Markenbildung einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Entweder dadurch, Operativ schnell zu sein, was eher eine kurzfristige Wirkung hat. Oder dadurch, innovativ schnell zu sein, was seine Wirkung über längere Zeit entfaltet. Im Hinblick auf die Möglichkeiten der Anwendung von künstlicher Intelligenz im Kontext von Mitarbeitereffizienz von Unternehmen eine spannende Strategie, welche die kommenden Jahre Beachtung finden wird.³⁶

³⁶ **Reflektionsfrage:** Welche strategischen Muster oder Heuristiken (Systemgesetze) sind dir bekannt?

Mini-Übung: Skizziere eine geplante Veränderung und beschreibe, welches strategische Muster du darin erkennst.

Zusammenfassung

Naturwissenschaften: Naturwissenschaften: *Henri Poincaré* betonte die Empfindlichkeit eines Systems gegenüber seinen Anfangsbedingungen als zentrales Prinzip zur Erklärung von Komplexität. Bereits kleinste Änderungen können zu unvorhersehbaren Ergebnissen führen. *Edward Lorenz* zeigte, dass komplexe Systeme zwar auf minimale Veränderungen empfindlich reagieren, jedoch auch Muster aufweisen, die ihre Dynamik verständlicher machen. *Benoît Mandelbrot* betrachtete Selbstähnlichkeit und Fraktalität als grundlegende Strukturen der Natur, die helfen, Komplexität zu organisieren. Die Naturwissenschaften beschreiben fundamentale Eigenschaften komplexer Systeme, darunter Nichtlinearität und Sensitivität gegenüber Anfangsbedingungen. Darüber hinaus zeigten sie, dass sowohl in komplexen als auch in chaotischen Systemen Muster existieren, die trotz scheinbarer Unordnung eine innere Struktur offenbaren. Die Natur nutzt Fraktalität als einen von mehreren Mechanismen, um Komplexität effizient zu organisieren.

Allgemeine Systemtheorie: *Ludwig von Bertalanffy* und *Kenneth Boulding* lieferten wesentliche Beiträge zum systemischen Denken, indem sie die Grenzen einzelner Disziplinen überschritten und nach universellen Prinzipien suchten, die komplexe Systeme beschreiben. *Bertalanffy* betonte mit der Allgemeinen Systemtheorie die Dynamik offener Systeme, wodurch er unter anderem den Nobelpreisträger für Chemie *Ilya Prigogine* beeinflusste. *Boulding* erkannte die Bedeutung von Netzwerken und nachhaltigen Wechselwirkungen. Parallelen zu Bouldings Arbeit, insbesondere im Hinblick auf einen ökologischen Ansatz, finden sich bei *Fritjof Capra*, *Frederick Vester* und *Donella Meadows*. Beide, *Bertalanffy* und *Boulding*, unterstrichen die Notwendigkeit interdisziplinärer Ansätze, um komplexe Herausforderungen zu bewältigen, und legten damit einen wichtigen Grundstein für das Verständnis von Komplexität.

Frühe Kybernetik: *Norbert Wiener* beschrieb die Bedeutung von Rückkopplung für die Steuerung technischer, biologischer und sozialer Systeme und legt damit den Grundstein für die Kybernetik. *Warren McCulloch* entwickelte das *McCulloch-Pitts*-Neuron, ein Modell für künstliche neuronale Netzwerke, und verdeutlicht, dass Informationsverarbeitung am effektivsten dort stattfindet, wo die relevanteste Information vorhanden ist. *Ross Ashby* formulierte das „Law of Requisite Variety“ als fundamentales Prinzip der Systemsteuerung. *Gregory Bateson* betrachtete Muster und Beziehungen als zentrale Elemente komplexer Systeme und zeigte, dass Kommunikation und

Lernen durch Wechselwirkungen und Rückkopplungen gesteuert werden. Auch *Niklas Luhmann* betonte, dass die Betrachtung von Beziehungen innerhalb eines Systems, und nicht nur der Einzelteile, entscheidend ist. Diese Konzepte prägen noch heute unser Verständnis von Steuerung, Selbstorganisation und Informationsverarbeitung in natürlichen und künstlichen Systemen. Sie verdeutlichen, dass Komplexität mit einem tiefen Verständnis von Mustern, Rückkopplungen und Anpassungsmechanismen begegnet werden muss.

Späte Kybernetik: Die späte Kybernetik, geprägt durch *Heinz von Foerster*, *Stafford Beer* und *Humberto Maturana*, erweiterte das Verständnis komplexer Systeme. *Von Foerster* entwickelte die Kybernetik zweiter Ordnung, die den Beobachter als Teil des Systems einbezieht und dessen Einfluss auf das System betont. *Beer*, beeinflusst von *Ashby*, führte das Viable System Model (VSM) ein, das Organisationen als selbstorganisierende, adaptive Systeme beschreibt. Mit der Syntegration entwickelte er eine Methode zur gleichwertigen, vernetzten Entscheidungsfindung. *Maturana* prägte das Konzept der Autopoiesis, das die Fähigkeit von Systemen zur Selbsterschaffung und -erhaltung beschreibt, und entwickelte das Konzept der strukturellen Kopplung, das die wechselseitige Beeinflussung autopoietischer Systeme und ihrer Umwelt erklärt. Die späte Kybernetik rückte die Rolle des Beobachters, selbstorganisierende und selbsterschaffende Prozesse in den Mittelpunkt.

System Dynamics: *Jay W. Forrester* entwickelte System Dynamics als ein mathematisch quantitatives Modellierungswerkzeug, um Rückkopplungsschleifen und zeitliche Verzögerungen in Systemen zu analysieren. Seine Erkenntnisse finden Anwendung in Wirtschaft und Politik. *Donella Meadows* vertiefte dieses Wissen und zeigte mit ihrem Konzept der Hebelpunkte, wie gezielte Eingriffe in Systeme große Wirkung entfalten können. Wie *Poincaré* und *Lorenz* konzentrierte auch sie sich auf die Sensitivität von Systemen. *Peter Senge* übertrug das systemische Denken auf Unternehmen und Organisationen. Seine Vision der lernenden Organisation hebt die Bedeutung von Reflexion, gemeinsamen Zielen und kontinuierlicher Anpassung hervor. Durch systemische Archetypen hilft er, Muster in Entscheidungsprozessen zu erkennen und zu verbessern. Gemeinsam verdeutlichen diese Ansätze, dass die Welt vernetzt ist. Wer Veränderungen anstrebt, muss über isolierte Maßnahmen hinausblicken und das Zusammenspiel von Strukturen, Dynamiken und Feedbackmechanismen verstehen.

Komplexitätstheorie: *Ilya Prigogine* zeigte mit seiner Theorie der dissipativen Strukturen, dass Ordnung in offenen Systemen durch den kontinuierlichen Austausch von Energie, Materie oder Informationen entstehen kann. *Holland* zeigte, dass komplexe adaptive Systeme, bei denen viele autonome Agenten ohne zentrale Steuerung interagieren sich selbst organisieren. Beeinflusst von *McCulloch* und *Ashby*, erforschte *Stuart Kauffman* die Selbstorganisation und die Dynamik zwischen Ordnung und Chaos. Sein NK-Modell beschreibt, wie sich Systeme durch interne Wechselwirkungen weiterentwickeln. *Dave Snowden* machte mit dem Cynefin-Framework komplexe Entscheidungsprozesse verständlich. In unsicheren Systemen setzt er auf Experimentieren und iteratives Lernen. *Yaneer Bar-Yam* analysierte die Interdependenzen in komplexen Systemen und entwickelte Methoden zur Multi-Skalen-Analyse. Seine Erkenntnisse helfen, globale Herausforderungen zu bewältigen, etwa durch adaptive Strategien im Finanzsektor, die Marktvolatilitäten durch Algorithmen ausgleichen. Gemeinsam zeigen diese Ansätze, dass komplexe Systeme dynamisch und vernetzt sind. Ihr Umgang erfordert ein Verständnis von Selbstorganisation, Rückkopplungseffekten und emergenten Strukturen.

Psychologie, Soziologie und Philosophie: *Kurt Lewin*, *Niklas Luhmann* und *Klaus Mainzer* lieferten zentrale Beiträge zum Verständnis komplexer sozialer Systeme. *Lewin* betrachtete soziale Systeme als dynamische Felder von Einflusskräften und entwickelte Modelle wie die Kraftfeldanalyse und das 3-Phasen-Modell der Veränderung. *Luhmann*, inspiriert von *Maturana*, verstand soziale Systeme als autopoietische, selbstreferenzielle Einheiten, die durch Kommunikation operieren, wobei Selektion zur Reduktion von Komplexität beiträgt. *Mainzer* analysierte Komplexität als nichtlineare Wechselwirkungen und betonte Frühwarnsysteme sowie KI-gestützte Simulationen zur Stabilisierung chaotischer Systeme. Alle drei Ansätze bieten wertvolle Erkenntnisse für das Management komplexer Strukturen.

Biologische und ökologische Systeme: *James Lovelocks* Gaia-Hypothese beschreibt die Erde als ein sich selbstregulierendes System, das durch Rückkopplungsschleifen stabil bleibt. *Frederic Vester* entwickelte die Sensitivitätsmodellierung, um vernetztes Denken und systemische Entscheidungsfindung zu fördern. *Lynn Margulis* zeigte mit ihrer Endosymbiontentheorie, dass Kooperation und Symbiose zentrale Triebkräfte der Evolution sind. *Fritjof Capra* verbindet moderne Physik mit Systemtheorie und östlicher Philosophie und betont die Bedeutung von Netzwerken und zirkulären Prozessen. Diese Konzepte finden praktische Anwendung in

Bereichen wie Klimaforschung, Unternehmensstrategie, Bauwesen und Permakultur, um resiliente Lösungen zu entwickeln.

Hard Systems, Soft Systems und Critical Systems: *Russ Ackoff* betonte die Bedeutung von Wechselwirkungen innerhalb eines Systems und plädierte für eine ganzheitliche Optimierung. *Peter Checkland* entwickelte die Soft Systems Methodology (SSM), die insbesondere soziale Systeme und die Vielfalt der Stakeholder-Perspektiven berücksichtigt, um nachhaltige Lösungen zu gestalten. *Mike C. Jacksons* Systems of Systems Methodology (SOSM) ermöglicht eine differenzierte Analyse komplexer Systeme anhand von strukturellen und sozialen Faktoren, um passende Methoden für verschiedene Kontexte auszuwählen. Alle drei Ansätze teilen die Erkenntnis, dass isolierte Problemlösungen unzureichend sind und stattdessen ein systemisches, interaktives und anpassungsfähiges Vorgehen erforderlich ist.

Management: *Peter Drucker* setzte auf Vereinfachung, klare Ziele (Management by Objectives) und die Bedeutung von Wissensarbeitern für den Unternehmenserfolg. *Hans Ulrich*, beeinflusst von *Bertalanffy* und *Beer*, entwickelte das St. Galler Management-Modell. Er unterschied zwischen Kompliziertheit und Komplexität und forderte eine systemische Herangehensweise zur kontinuierlichen Anpassung von Organisationen. *Fredmund Malik* baute darauf auf und betrachtete Management als kybernetisches System, in dem Fokus, Feedbackmechanismen und Vertrauen entscheidend sind. *Ralph D. Stacey* hingegen betonte die emergenten Eigenschaften von Organisationen und entwickelte die Theorie des „Complex Responsive Processes of Relating“, der auf dynamische Interaktionen und soziale Prozesse als Treiber von Wandel und Innovation setzt. Gemeinsam zeigen ihre Ansätze, dass erfolgreiche Führung nicht durch starre Kontrolle, sondern durch adaptive, systemische und menschenzentrierte Methoden erfolgt.

Systemische Beratung und Systems Practice: *Fritz B. Simon* beschreibt Organisationen als autopoietische Systeme, die durch Kommunikation bestehen und sich selbst organisieren. Komplexität ist dabei nicht zu reduzieren, sondern durch Rollenklärung und gezielte Kommunikation nutzbar zu machen. *Patrick Hoverstadt* nutzt das Viable System Model (VSM) zur Analyse von Organisationen und entwickelt mit „Patterns of Strategy“ adaptive Strategien. Sein multimethodischer Ansatz kombiniert verschiedene systemische Methoden für praxisnahe Lösungen. Beide Akteure zeigen, dass wirksame Veränderung in komplexen Systemen durch das Verstehen von Zusammenhängen und gezielte Interventionen erreicht werden kann.

Kritische Reflektion

Die Vielfalt an Theorien zum Umgang mit Komplexität zeigt ein beeindruckendes theoretisches Spektrum auf der einen Seite, offenbart jedoch Spannungsfelder im Hinblick der praktischen Anwendung auf der anderen Seite. Das Zitat „Für jedes komplexe Problem gibt es eine einfache Lösung, und die ist falsch“, welches man Umberto Eco zuschreibt, bringt es auf den Punkt, der Wunsch nach einfachen Lösungen für vertrackte und komplexe Herausforderungen bleibt häufig unerfüllt. Viele Modelle liefern komplexe Analysen, bleiben jedoch in der Praxis abstrakt oder schwer vermittelbar. Begriffe wie Selbstorganisation oder Emergenz klingen inspirierend, laufen jedoch Gefahr, unkonkret zu bleiben. Nicht selten wird Komplexität rhetorisch anerkannt, ohne dass dies zu veränderten Entscheidungsprozessen führt. Die reflexiven Anforderungen an Führung und Organisationen sind hoch, oft höher als tatsächlich realisierbar.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die implizite Normativität vieler Ansätze. Häufig wird Selbstorganisation als Ideal präsentiert, ohne die sozialen, politischen oder kulturellen Voraussetzungen zu reflektieren. Dabei wird übersehen, dass auch komplexe Systeme Machtverhältnisse und Ausschlüsse reproduzieren können. Zudem bleibt die Beobachterabhängigkeit in der Praxis oft theoretisch. Die Forderung nach Perspektivenvielfalt und Kontextsensibilität ist nachvollziehbar, wird jedoch selten konsequent umgesetzt. Methodisch bleibt unklar, wie mit widersprüchlichen Sichtweisen produktiv gearbeitet werden kann, ohne in Beliebigkeit oder Entscheidungsunfähigkeit zu verfallen. Es ist fraglich, ob diese Herangehensweise in ihrer Breite der Tiefe gerecht werden kann oder ob sie in einer Nische verbleibt als anspruchsvolle Denkschule für wenige Eingeweihte.

Trotz ihres analytischen Tiefgangs und interdisziplinären Reichtums bleiben viele Ansätze im Umgang mit Komplexität in der praktischen Anwendung schwierig. Die Herausforderung besteht darin, zwischen theoretischem Anspruch und organisationaler Realität tragfähige Brücken zu bauen, ohne Komplexität zu trivialisieren oder zu mystifizieren. Gerade in dynamischen Kontexten zeigt sich, wie anspruchsvoll es ist, theoretische Konzepte in konkrete Handlungsstrategien zu überführen. Umso wichtiger ist eine starke Verzahnung von Theorieentwicklung und praktischer Erprobung, um das Potenzial komplexitätstheoretischer Ansätze wirksam werden zu lassen.

Umgang mit Komplexität in wenigen Schritten

Man kann mit Komplexität nicht in wenigen Schritten umgehen, das ist eine zu starke Vereinfachung. Dennoch schreibe ich das hier, weil die ganze Theorie rund um Systeme und Komplexität, manchmal einfach zu viel ist. Wer also einen wirklich kurzen Handlungsrahmen sucht, der findet diesen hiermit.

1. Erkennen und Verstehen der Komplexität: Der erste Schritt im Umgang mit Komplexität besteht darin, die Natur und Struktur des Systems zu verstehen. Dies beinhaltet die Identifikation von Elementen, Beziehungen, Rückkopplungen, Mustern und nichtlinearen Wechselwirkungen, wie sie u.a. in der Kybernetik und der Komplexitätstheorie dargestellt werden. Es ist wichtig, die Dynamik und Sensitivität gegenüber Anfangsbedingungen zu erkennen, wie sie von *Poincaré* und *Lorenz* beschrieben wurde. Die Analyse von Selbstähnlichkeit und Fraktalität, wie sie von *Mandelbrot* und *Beer* betont werden, hilft, eine tiefere Einsicht in die zugrundeliegende Ordnung zu gewinnen.

2. Interdisziplinäre Perspektiven einbeziehen: Der Umgang mit komplexen Systemen erfordert einen interdisziplinären Ansatz, der verschiedene Blickwinkel und Fachrichtungen integriert. *Bertalanffy* und *Boulding* haben die Notwendigkeit betont, Grenzen zwischen Disziplinen zu überwinden, um universelle Prinzipien zu entwickeln. In der Praxis bedeutet dies, dass man z.B. neben technischen Aspekten auch soziale, ökologische und ökonomische Dimensionen berücksichtigt, wie sie in den Arbeiten von *Capra*, *Lovelock* und *Meadows* zu finden sind. Es ist entscheidend, verschiedene Perspektiven einzubeziehen, um die Vielschichtigkeit von Problemen zu erfassen.

3. Förderung von Selbstorganisation und Anpassungsfähigkeit: Um mit der Unvorhersehbarkeit komplexer Systeme umzugehen, ist es wichtig, Selbstorganisation und Anpassungsfähigkeit zu fördern. Die Kybernetik und die Theorie der dissipativen Strukturen, wie sie von *Maturana* und *Prigogine* formuliert wurden, zeigen, dass Systeme durch ihre Fähigkeit zur Selbstregulation und -anpassung stabil bleiben können. Dies lässt sich in Organisationen durch das Viable System Model (VSM) von *Beer* oder die praxisorientierten Methoden bzw. Herangehensweisen von *Hoverstadt* umsetzen, welche Selbstorganisation und kontinuierliches Lernen ermöglichen.

4. Systemische Entscheidungsfindung und Feedback-Schleifen nutzen: Entscheidungen in komplexen Systemen sollten auf systemischen negativen Rückkopplungsschleifen basieren, wie dies von *Wiener* oder *Forrester* hervorgehoben wird. Dies erfordert, dass man nicht nur kurzfristige Effekte, sondern auch langfristige Auswirkungen und unerwünschte Nebenwirkungen berücksichtigt. Die Anwendung von Konzepten wie den Hebelpunkten von *Meadows* und der Experimentier- und Lernorientierung im Cynefin-Framework von *Snowden* kann dabei helfen, gezielte und adaptive Eingriffe zu tätigen.

5. Integration von Nachhaltigkeit und Resilienz: Der letzte Schritt in diesem kurzen Handlungsrahmen besteht darin, Nachhaltigkeit und Resilienz in die Entscheidungsprozesse zu integrieren. Dies bedeutet, Systeme so zu gestalten, dass sie nicht nur auf Veränderungen reagieren, sondern sich auch selbst regenerieren und anpassen können. Konzepte wie die Gaia-Hypothese von *Lovelock* und die Sensitivitätsmodellierung von *Vester* zeigen, wie wichtig es ist, ökologische und soziale Systeme in ihre Entscheidungen einzubeziehen.

Kurzübersicht Akteure

Naturwissenschaften



Henri Poincaré

Chaostheorie

Nichtlinearität

Weak Signals



Edward N. Lorenz

Schmetterlingseffekt

Lorenz Attraktor (Muster / Ordnung im Chaos)



Benoît Mandelbrot

Mandelbrotmenge

Fraktale

Wiederholende Muster und Selbstähnlichkeit

Allgemeine System-Theorie



Ludwig von Bertalanffy

Allgemeinen Systemtheorie

Gemeinsamen Sprache und Verständnis

Lebendige Systeme sind offene Systeme



Kenneth Boulding

Systemübergreifende Perspektive

Netzwerk von Systemen und Wechselwirkungen

Systemische Nachhaltigkeit

Frühe Kybernetik



Norbert Wiener

Steuerung / Regelung in technischen, biologischen und sozialen Systemen

Black-Box-Prinzipien

Rückkopplung



Warren McCulloch

Redundancy of Potential Command

Neuronale Netzwerke

Dezentrale Steuerung



Ross Ashby

Ashby's Law: Law of Requisite Variety „Only Variety can absorb Variety“

Varietätsmanagement

Gehirn als Modell für Selbstorganisation, Homöostase und Ultrastabilität



Gregory Bateson

Doppelbindungstheorie

Muster, die verbinden (nicht die Elemente in den Mittelpunkt stellen, sondern die Verbindungen und Muster)

Späte Kybernetik



Heinz von Foerster

Kybernetik 2. Ordnung: Beobachtung der Beobachtung

Ethischer Imperativ: „Handle stets so, dass die Anzahl der Wahlmöglichkeiten größer wird!“



Stafford Beer

Viable System Model

Syntegration



Humberto Maturana

Autopoiesis (Selbsterzeugung)

Strukturelle Kopplung (wechselseitige Anpassung von System und Umwelt)

System Dynamics



Jay Wright Forrester

System Dynamics

Quantitative Flussdiagramme

Wechselbeziehung



Donella Meadows

Nachhaltigkeit

Leverage Points / Hebelpunkte



Peter Senge

Systemische Archetypen (Muster)

Lernende Organisation

Systems Thinking

Komplexitätstheorie



Ilya Prigogine

Selbstorganisation / Dissipative Strukturen (Ordnung entsteht durch Austausch von Energie zwischen dem offenen System und der Umwelt)

Offene Systeme



John H. Holland

Complexe Adaptive Systeme (CAS)

Emergenz



Stuart Kauffman

Complexe Adaptive Systeme (CAS)

Edge of Chaos

NK-Modell (Fitnesslandschaften)



David Snowden

Cynefin-Framework

Narrative



Yaneer Bar Yam

Multi-Skalen-Analysen

Dezentrale Entscheidungsstrukturen

Netzwerke

Psychologie, Soziologie und Philosophie

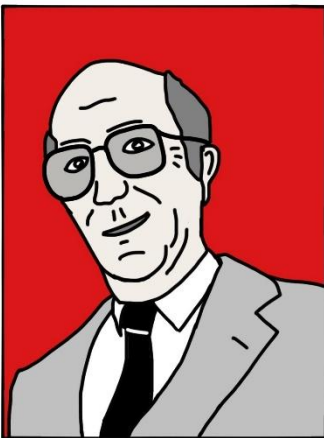


Kurt Lewin

Feldtheorie

Kraftfeldanalys

3-Phasen-Modell



Niklas Luhmann

Luhmannsche Systemtheorie

Kommunikation konstituiert Systeme

Komplexität durch Selektion begegnen



Klaus Mainzer

Sensitivität gegenüber Anfangsbedingungen.

Frühwarnsysteme

Negative Rückkopplungen

Biologische und Ökologische Systeme



James Lovelock

Gaia-Hypothese

Rückkopplung

Wechselwirkung zwischen Leben und Anorganischem



Frederic Vester

Sensitivitätsmodell

Wechselwirkung

Rückkopplung



Lynn Margulis

Endosymbiontentheorie

Kooperation und Symbiose in Netzwerken



Fritjof Capra

Verbindung von Physik und östlicher Philosophie

Leben beruht auf Netzwerken

Wechselwirkung und Rückkopplung

Hard Systems, Soft Systems and Critical Systems



Russell Ackoff

Ein System ist ein Produkt seiner Wechselwirkungen

Interactive Planing

Idealisierung-Design



Peter Checkland

Soft Systems Methodology (SSM)

Rich Picture

Wechselwirkung mit anderen Systemen



Mike C Jackson

Critical Systems Thinking

Systems of Systems Methodology (SOSM)

Management



Peter Drucker

Management by Objective

Marketing und Innovation

Wissensarbeiter

Vereinfachung von Strukturen



Hans Ulrich

St. Gallener Management-Modell

Kompliziertheit und Komplexität



Fredmund Malik

Management ist Handwerk

Umgang mit Komplexität ist erlernbar



Ralph D. Stacey

Stacey-Matrix

Theory of Complex Responsive Processes
of Relating

Systemische Beratung und Systems Practice



Fritz B. Simon

Systemische Therapie und Beratung

Systemische Organisationsberatung

Paradoxien



Patrick Hoverstadt

Patterns of Strategy

The Grammar of Systems

Systems Practice

Literaturempfehlungen

Capra, F., & Luisi, P. L. (2014). The Systems View of Life.
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511895555>

Hoverstadt, P. (2022). The Grammar of Systems: From Order to Chaos & Back, SCiO Puplicaton, ISBN-13: 979-8414307754

Jackson, M. C. (2019). Critical systems thinking and the management of complexity. John Wiley & Sons. ISBN-10: 1119118379

Ladyman, J., & Wiesner, K. (2020). What is a complex system? In Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/yale/9780300251104.001.0001>

Meadows, D. H. (2008). Thinking in systems: A Primer. Chelsea Green Publishing.

Mainzer, K. (2008). Komplexität. UTB GmbH. ISBN: 9783825230128

Margulis, L. (1999) Die andere Evolution. Spektrum Akademischer Verlag. ISBN-10: 3827402948

Ramage, M. & Shipp, K. (2009). Systems Thinkers. In Springer eBooks. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-525-3>

Simon, F. B. (2008). Einführung in Systemtheorie und Konstruktivismus.
<https://doi.org/10.17877/de290r-17261>

Vester, F. (2019). Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität: Ein Bericht an den Club of Rome.

Waldrop, M. M. (1996) Inseln im Chaos: die Erforschung komplexer Systeme. Rowohlt. ISBN 9783499199905 3499199904

Onlineempfehlungen

Castellani und Gerrits (2021). Map of Complexity Sciences.
https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html
(Retrieved: 22.03.2025)

SCiO - System and Complexity in Organisation. www.systemspractice.org

<https://www.santafe.edu/>

<https://www.capracourse.net/>

Cybernetic Society <https://cybsoc.org>

<https://metaphorum.org>

<https://www.simon-weber.de>

New England Complex System Institute <https://necsi.edu>

Complexity Science Hub Vienna <https://csh.ac.at>

Glossar

Adaptivität: Fähigkeit eines Systems, sich flexibel an Veränderungen in der Umwelt anzupassen.

Archetyp (systemisch): Wiederkehrendes systemisches Muster von Ursache-Wirkungs-Ketten, das in vielen Organisationen oder Systemen auftritt. Begriff geprägt von Peter Senge.

Autopoiesis: Konzept von Maturana & Varela: Ein System erhält sich durch kontinuierliche Reproduktion seiner eigenen Elemente und Strukturen selbst aufrecht.

CAS – Complex Adaptive System: System mit vielen interagierenden, autonomen Komponenten (Agenten), das lernfähig und selbstorganisierend ist.

Chaostheorie: Erforschung von Systemen mit deterministischem, aber unvorhersehbarem Verhalten, bei dem kleine Änderungen große Effekte haben können.

Dissipative Strukturen: Von Ilya Prigogine geprägtes Konzept: Geordnete Strukturen, die in offenen Systemen fern vom Gleichgewicht entstehen.

Edge of Chaos: Begriff von Stuart Kauffman: Übergangszone zwischen Ordnung und Chaos, in der komplexe Systeme besonders kreativ und anpassungsfähig sind.

Emergenz: Unerwartete neue Eigenschaften eines Systems, die nicht aus den Einzelteilen ableitbar sind, sondern aus deren Wechselwirkungen entstehen.

Feedback (Rückkopplung):

Rückführung von Systeminformationen. Negative Feedbacks stabilisieren, positive verstärken Entwicklungen.

Fraktale: Von Benoît Mandelbrot eingeführtes Konzept: Strukturen, die sich selbst ähneln – unabhängig von der Beobachtungsebene. Häufig in der Natur (z.B. Blätter, Küstenlinien) zu finden.

Hebelpunkte (Leverage Points): Begriff von Donella Meadows: Stellen in einem System, an denen kleine Veränderungen große Wirkung entfalten können.

Komplexität: Vielzahl an dynamisch verknüpften Elementen mit nichtlinearen Beziehungen, deren Verhalten schwer vorhersehbar ist.

Kybernetik: Wissenschaft von Steuerung und Kommunikation in Maschinen, Lebewesen und Organisationen.

Law of Requisite Variety: Von Ashby formuliertes Gesetz: Ein System kann nur dann adequat reagieren, wenn seine Steuerungsvielfalt der Umweltvielfalt entspricht.

Lernende Organisation: Organisation, die durch Feedback, Reflexion und gemeinsames Lernen kontinuierlich ihre Strukturen verbessert.

Mustererkennung: Vorgang des Erkennens wiederkehrender Strukturen oder Dynamiken in einem komplexen System.

Pfadabhängigkeit: Systemverhalten, das durch frühere Entscheidungen und Strukturen geprägt ist und Veränderungen limitiert.

Selbstorganisation: Ordnung entsteht im System spontan durch interne Interaktionen, ohne externe Steuerung.

Soft Systems Methodology (SSM): Ansatz von Peter Checkland: Methode zur Lösung komplexer, „weicher“ Problemstellungen unter Einbezug subjektiver Perspektiven.

SOSM – System of Systems Methodology: Von Mike C. Jackson entwickelter Ansatz zur Integration verschiedener systemischer Methodologien in besonders komplexen Kontexten.

System: Ein Set von Elementen, das über Beziehungen verbunden ist, eine Funktion hat und sich gegenüber der Umwelt abgrenzt.

System Dynamics: Von Jay W. Forrester entwickelter Modellierungsansatz für komplexe Systeme mit Hilfe von Flussdiagrammen, Feedbackschleifen und Simulation.

Systemgrenze: Bewusste Setzung zur Abgrenzung eines Systems von seiner Umwelt. Bestimmt den Analysefokus.

Systemische Beratung: Praxisansatz bei neutraler Haltung, der Wechselwirkungen, Muster und Kommunikation innerhalb von Systemen reflektiert und verändert.

Viable System Model (VSM): Modell von Stafford Beer zur Beschreibung von lebensfähigen (anpassungsfähigen) Organisationen mit rekursiven Steuerungsstrukturen.

Weak Signals (Schwache Signale): Frühe, subtile Anzeichen für kommende Veränderungen, die in komplexen Systemen eine hohe Bedeutung für Prognosen oder Strategien haben.

Zweite Ordnung (Kybernetik): Bezieht sich auf die Einbeziehung des Beobachters in das System. Erkenntnistheoretische Erweiterung klassischer Kybernetik.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AI (KI)	Artificial Intelligence (Künstliche Intelligenz)
B	Beziehungen (zwischen Elementen)
CAS	Complex Adaptive Systems (Komplexe adaptive Systeme)
CST	Critical Systems Thinking
E	Elemente
K	Komplexität (in der Formel $K = (E \times B \times V) \times (t)$)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NK-Modell	Modell von Stuart Kauffman (N = Elemente, K = Verknüpfungsdichte)
SFI	Santa Fe Institute
SSM	Soft Systems Methodology
SOSM	System of Systems Methodology
t	Zeitliche Veränderung
V	Verhalten (der Beziehungen)
Ve	Environment-Varietät (Vielfalt der Umwelt)
Vc	Controlling-Varietät (Vielfalt der Steuerung)
VSM	Viable System Model

VUCA

Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity (volatil, unsicher, komplex, mehrdeutig)

Danksagung

Ich danke den Riesen, auf deren Schultern ich stehe, für diesen schönen Pfad der Erkenntnis, möge er noch lange gehen. Ich danke meinen Verbands-Kollegen aus der SCiO – Systems and Complexity in Organisations und aus dem Europäischen Forum für Baukybernetik und meinem Netzwerk auf LinkedIn, das mich immer wieder inspiriert und zum Nachdenken anregt. Ich danke *Carola Roll M.Sc., MBA, Dr. Matvei Tobman, Dr. Clemens Dachs* und *Dipl.Math. Conny Dethloff*, mit denen ich diesen fachlichen Pfad schon eine Weile gemeinsam gehe und die mir als Testleser zur Verfügung standen, und auch Jörg Querner, der eine Vielzahl meiner Texte sehr qualifiziert korrigiert hat, so wie auch diesen hier. Ich danke allen, die nicht namentlich genannt sind, die mich aber beeinflusst, inspiriert und somit im Sinne von *Bateson* einen Unterschied ausgemacht haben. Es gilt:

“Learning never stops”