



KOMPLEXITÄT

Ein Überblick von Dipl.-Ing Dieter Skrobotz

Die aktuelle Entwicklung von Technik und Gesellschaft hat zu einer Lebens- und Arbeitsumgebung geführt, die uns vielfach als nicht mehr beherrschbar, das heißt, als *zu komplex* erscheint.

Eine wesentliche Aufgabe, um sich in der heutigen Welt zurechtzufinden und behaupten zu können, besteht daher im *Verständnis von Komplexität* und im Erwerb von Fähigkeiten, damit umzugehen

KOMPLIZIERTHEIT UND KOMPLEXITÄT

Ist eine Sache *KOMPLIZIERT*, erfordert es "nur" einigen Aufwand sie mit dem vorhandenen Wissen zu bewältigen.

Ist eine Sache *KOMPLEX*, so müssen wir etwas Neues lernen oder begreifen, um sie zu bewältigen.

Beide Begriffe haben etwas mit unserem individuellen Verständnis von Systemen und Zusammenhängen zu tun.

1

DER UMGANG MIT KOMPLEXITÄT

Komplexität ist eine *EIGENSCHAFT*, die der Mensch Dingen oder Vorgängen in seiner Umgebung aufgrund von Beobachtung zuschreibt. Komplexität hat daher immer eine *gegenständliche* und eine *menschliche* Seite.

„Komplexität tritt für uns als Mangel an Information in Erscheinung, wenn Strukturen zu komplex sind, um sofort erfaßt zu werden. Dabei ist Komplexität in der Welt nicht unmittelbar materiell vorhanden, sondern ... setzt Beobachten und Denken voraus. *Komplex ist, was wir als komplex beobachten.*

Nicht erkannte und nicht bewältigte Komplexität bedeutet erfahrungsgemäß Unsicherheit und Instabilität, weshalb der Mensch dazu tendiert, Komplexität zu reduzieren (entweder zu bewältigen oder zu ignorieren)¹.

¹Lehrgang: „Komplexitätsmanagement“ von Tony Kühn (verfügbar unter [www.philognosie.net])
<https://www.philognosie.net/denken-lernen/komplexitaetstraining-die-kunst-der-komplexitaetsverarbeitung>



Bei der Untersuchung des Gegenstandsbereiches menschlichen Handelns sprechen wir von **KOMPLEXITÄT**, wenn eine betrachtete Situation, ein Objekt oder Problem folgende Kennzeichen aufweist ²

GROßER UMFANG:

es sind viele Elemente und Relationen zwischen den Elementen vorhanden. Kognitive Ressourcen werden stark belastet; man verliert leicht den Überblick.

VERNETZTHEIT:

die einzelnen Elemente beeinflussen sich gegenseitig auf vielfältige Art und Weise. Das Handeln führt zu Nebenwirkungen; Effekte einzelner Handlungen sind schwer erkennbar

ZEITVERZÖGERUNGEN:

Wirkungen von Handlungen sind nicht sofort sichtbar. Dies führt dazu, dass die weitere Entwicklung schlecht prognostizierbar ist. Die Wirkung einzelner Handlungen ist unklar, weil sie von Effekten zwischenzeitlicher Handlungen überlagert werden kann. Nebenwirkungen können mit Verzögerung auftreten

IRREVERSIBILITÄT:

Entwicklungen sind bisweilen unumkehrbar. Das Handeln nach dem Prinzip von „Versuch und Irrtum“ *ist daher riskant!*

Aus dieser Definition von Kompliziertheit und Komplexität lässt sich ableiten, dass

„Komplexität für einen äußeren Betrachter einen Mangel an Informationen bei den involvierten Personen bedeutet.“

Ein System wird dann als komplex angesehen, wenn das eigene Wissen nicht ausreicht, um es zu verstehen!

²Nach: Gesine Hofinger: **Fehler und Fallen beim Entscheiden in kritischen Situationen**. In: Stefan Strohschneider: *Entscheiden in kritischen Situationen*. Frankfurt: Verlag für Polizeiwissenschaft, 2003.



BEWÄLTIGUNG VON KOMPLEXITÄT

Versucht man Objekte, Situationen oder Systeme zu verstehen, oder mit ihnen umzugehen und scheitert dabei an ihrer Komplexität, dann dominieren Unklarheit, Unwissen und Unsicherheit weil das eigene Wissen zur Problemlösung nicht ausreicht!

*Die Menschen haben vier Arten entwickelt, diesen Sachverhalt zu verarbeiten*³

DIE KOMPLEXITÄT WIRD IGNORIERT

-> man tut so, als wäre Nichts, bzw. es wird erklärt ‚Alles ist klar, es gibt einfach kein Problem‘.

Die Unsicherheit wird aufgelöst, indem man sie bewußt übersieht

DIE KOMPLEXITÄT WIRD AUSGEHALTEN

-> man erkennt, daß bei einem Problem, ein Informationsdefizit besteht, das momentan aber nicht gelöst werden kann oder soll (z.B. aus Mangel an Wissen)

Die Unsicherheit besteht weiter und wird ausgehalten;

DIE KOMPLEXITÄT WIRD BEWÄLTIGT

-> man denkt darüber nach, bis man eine Lösung gefunden hat.

Die Unsicherheit wird aufgelöst, indem Informationen beschafft, und indem Überzeugungen und Handlungsmöglichkeiten generiert werden.

KOMPLIZIERTE UND KOMPLEXE SYSTEME:

Kompliziertes System:

- Das vorhandene Wissen reicht aus, um das System analysieren zu können
- Struktur und Funktion des Systems können verständlich erfasst und dargestellt werden
- Ein- und Ausgangsgrößen sind hinreichend bekannt und wirken stabil auf die Funktionalität
- Das Systemverhalten ist vorhersehbar

Komplexes System:

- Struktur und Funktion des Systems können nicht verständlich erfasst und dargestellt werden
- Das vorhandene Wissen reicht nicht aus, um das System analysieren zu können, z.B. wegen unerwarteten Zustands- oder kontextabhängigen Änderungen im Systemverhalten

³ Toni Kühn, ebenda



- Ein- und Ausgangsgrößen sind nicht hinreichend bekannt
- Das Systemverhalten ist nicht a priori vorhersehbar z.B. wegen diskontinuierlichen Brüchen in der Funktion

Komplexe Systeme im Bereich der **TECHNIK** können nur beherrscht werden, wenn eine adäquate Komplexitätsreduktion erfolgt: In der **TECHNIK** sind Unklarheit, Unwissen und Unsicherheit, der beteiligten Personen allgemein existenzgefährdende Haltungen! (Pilot!)

Es gibt quasi keine Möglichkeiten zum Ignorieren der Komplexität.in diesem Bereich der Gesellschaft

Die notwendige Verarbeitung der Komplexität erfolgt hier vor allem durch die *Erhöhung der Systemkompetenz des mit dem System befassten Personals*

VERARBEITEN VON KOMPLEXITÄT

Die Komplexitätsverarbeitungs-Fähigkeit (das ‚Kognitive Niveau‘ nach *T.Kuhn*) unterscheidet sich danach, wie viele verschiedene und komplexe Perspektiven zu einem Phänomen generiert (gedacht) werden können und wie funktional diese Komplexität reduziert werden kann um zu einer handlungsleitenden Überzeugung zu führen.

„Komplexität entzieht sich dem (sofortigen) Verständnis und verhindert die Problemlösung.“

WARUM?

- aufgrund von mangelnder Systemkompetenz der handelnden Person(en)
- aufgrund von mangelnden Informationen über ein System
- aufgrund von speziellen Systemeigenschaften

→ Komplexitätsreduktion durch Erhöhung des kognitiven Niveaus:
= Entwicklung einer *aktiven Haltung zur Bewältigung der Komplexität und Beschaffung von Informationen über das komplexe System*

Durch die Erhöhung der Fähigkeiten im Umgang mit komplexen Systemen, kann Komplexität für den Beobachter/Handelnden zu Kompliziertheit oder sogar Einfachheit reduziert werden.

„Wir verfügen ...über Verhaltensroutinen, durch die wir uns die Verarbeitung von Information und Komplexität vereinfachen. Diese Routinen werden oft als Denkgewohnheiten bezeichnet „⁴

⁴ Toni Kühn, ebenda



- Komplexitätsreduktion durch Systemanalyse
- Komplexitätsreduktion durch aktive Systemgestaltung (Strukturveränderung).

„Eine Situation oder ein Problem können wir umso besser bewältigen, je mehr unterschiedliche Perspektiven (Sichtweisen auf den Sachverhalt) wir dazu einnehmen können und je besser wir entscheiden können, welche Perspektive für die aktuelle Aufgabenstellung sinnvoll ist.“

WARUM?

Jede Perspektive liefert uns andere Informationen über das Problem und macht uns daher auch andere Lösungsansätze zugänglich.

KOMPLEXITÄTSREDUKTION DURCH ERHÖHUNG DES KOGNITIVEN NIVEAUS

Die Komplexitätsverarbeitungs-Fähigkeit (das ‚Kognitive Niveau‘ nach *T.Kühn*) unterscheidet sich danach, wie viele verschiedene und komplexe Perspektiven zu einem Phänomen generiert (gedacht) werden können und wie funktional diese Komplexität reduziert werden kann um zu einer handlungsleitenden Überzeugung zu führen.

EINSCHRÄNKUNG:

Das kognitive Niveau eines Menschen muß immer in Bezug auf einen bestimmten (Themen-, Tätigkeits-, Lebens-) Bereich betrachtet werden.

Die gleiche Person kann in unterschiedlichen Situationen unterschiedliche kognitive Niveaus haben!

DIE 4 KOGNITIVEN NIVEAUS :

Niedriges kognitives Niveau:

Die Dinge werden einseitig gesehen:

- Es werden nur wenige Teile der Struktur/Funktion verstanden
- Nur eine Sichtweise wird eingenommen, Ansichten werden von einem einzigen Zweck (Aspekt) her begründet.
- Schwarz/Weiß Bewertungen ohne Zwischenstufen
- Orientierung an Vorgaben und Bewertungen Anderer
- Was nicht zum Bild passt wird verdrängt
- Konflikte werden umgangen oder möglichst einfach gelöst
- Andersdenkende haben immer Unrecht



GEMÄßIGT NIEDRIGES KOGNITIVES NIVEAU

Die Dinge werden unter mehreren Sichtweisen und Aspekten gesehen:

- Es werden Grundstrukturen/-Funktionen verstanden
- Unter mehreren Sichtweisen kann gewählt werden
- Beziehungen zwischen Sichtweisen werden noch nicht erkannt
- Es können verschiedene Zwecke (Aspekte) berücksichtigt werden
- „Graustufen“ Bewertungen mit einigen Zwischentönen
- Die Fähigkeit bewußt zwischen Alternativen zu wählen, fehlt noch
- Entscheidungen sind unsicher
- Bei Konflikten ‚Kippeffekt‘ zu anderen Sichtweisen

GEMÄßIGT HOHES KOGNITIVES NIVEAU

Bei der Sicht auf Dinge werden Regeln berücksichtigt:

- Übergeordnete Zusammenhänge werden verstanden und berücksichtigt
- Mehrere Zwecke (Aspekte) können integriert werden und damit Regeln auf andere übertragen werden
- Zur Lösung von Problemen und zur Modellbildung stehen Auswahlkriterien zur Verfügung
- Entscheidungen brauchen deutlich Zeit
- Sammeln von Informationen vor einer Entscheidung
- Lösungen sind noch wenig beständig
- Neue Informationen erzeugen überlegte Veränderungen von Sichtweisen



HOHES KOGNITIVES NIVEAU:

Es werden Strategien zur Informationsbeschaffung für die Sicht auf die Dinge genutzt:

- Komplexe Schemata - wie Metamodelle können ausgebildet und verstanden werden
- Unter mehreren Sichtweisen kann bewußt gewählt werden
- Die Fähigkeit, selbst Informationen über Phänomenen zu entdecken und zu nutzen, ist ausgebildet
- Informationen werden registriert und stehen später wieder zur Verfügung
- permanente Veränderungen einer Situation werden bewältigt
- Zunehmende Bewußtheit bezüglich der eigenen Denkprozesse und Handlungen
- Es werden Strategien zur Informationsbeschaffung für die Sicht auf die Dinge genutzt:

KOGNITIVE NIVEAUS SIND BEEINFLUSSBAR DURCH:

- Fundiertes Fachwissen über Erscheinungsformen und Kennzeichen komplexer dynamischer Systeme
- Hinterfragen von Vorschriften und Regeln
- Übernahme von Verantwortung
- Orientierung auf Informationsbeschaffung und Entwicklung eigener Handlungskompetenz in komplexen Umgebungen
- Ganzheitliche Sichtweise unter Einbeziehung von Kontext
- Sicherheitsbewußte Handlungsmuster
- Beherrschung von Tools zur Analyse und Gestaltung von komplexen Systemen (Komplexitätsmanagement)



KOMPLEXITÄTSREDUKTION DURCH SYSTEMANALYSE

„Die Systemforschung ist eine auf interdisziplinäre Integration gerichtete wissenschaftliche Tätigkeit mit dem Zweck, strukturelle und funktionale Aspekte von komplexen Phänomenen zu beschreiben und zu analysieren. Ihr Bemühen ist es, Vorgänge in der Wirklichkeit in ihren Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen zu erfassen, um diese dadurch besser verstehen, nachahmen und beherrschen zu lernen.“⁵

Möglichkeiten, die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge so zu erfassen, dass eine Komplexitätsreduktion für den Beobachter entsteht, bietet vor allem die SYSTEMANALYSE

„Die Systemanalyse ist eine praktisch anwendbare Methode der Systemtheorie. Dabei konstruiert der Betrachter des Systems ein Modell eines bereits existierenden oder geplanten Systems zunächst als BlackBox und verfeinert dieses im weiteren Verlauf. Dabei hat der Bearbeiter eine Auswahl bezüglich der relevanten Elemente und Beziehungen des Systems zu treffen. Das erstellte Modell ist – insbesondere bei komplexen Systemen – meist ein begrenztes, reduziertes, abstrahiertes Abbild der Wirklichkeit, mit dessen Hilfe Aussagen über vergangene und zukünftige Entwicklungen und Verhaltensweisen des Systems in bestimmten Szenarien gemacht werden sollen. Der Vorgang ist auf nahezu jedes System anwendbar, einschließlich Physik, Biologie, Demografie, Wirtschaft, Geografie, Technik und Informatik.“⁶

Durch die Beschaffung von Informationen über komplexe Systeme, kann Komplexität für den Beobachter/Handelnden zu Kompliziertheit oder sogar Einfachheit reduziert werden.

Zentrale Frage bleibt, eine Strategie zu finden, die Komplexität für den Beobachter/Handelnden bezogen auf die zu lösende Aufgabe so zu reduzieren, daß seine Kompetenz und Handlungsfähigkeit für die Steuerung und das Eingreifen in das System ausreicht.

KOMPLEXITÄTSREDUKTION DURCH AKTIVE SYSTEMGESTALTUNG .

Die nachhaltigste Form der Komplexitätsreduktion ist die aktive (Neu-)Gestaltung bisheriger, die Grenzen der Beherrschbarkeit erreicht habender Systeme:

„Will man komplexe Systeme gestalten und entwickeln, dann muss man über eine gesamtheitliche, eine holistische oder - wie es in der Wirtschaftspolitik der 50er und 60er Jahren hieß - eine ordnungspolitische Vorstellung von der Gesamtordnung des Systems verfügen.“⁷

⁵Sommerlatte, Tom (2013): *Angewandte Systemforschung: Ein interdisziplinärer Ansatz*, Springer-Verlag

⁶Siehe © 2012 CRGRAPH www.crgraph.de

⁷Biedenkopf, Kurt (2008): „Einführung: Dimensionen von Innovation“, in: *Innovationssystem Gesundheit Ziele und Nutzen von Gesundheitsinnovationen*, herausgegeben von Bernhard Bühlren und Ilona Kickbusch, Karlsruhe: Fraunhofer ISI, S. 9–22.



Das dazu notwendige Fachwissen und die Handlungskompetenz der Beteiligten sind in einer komplexen Umgebung nur dann erfolgreich, wenn zusätzlich auch *konzeptionelle Fähigkeiten* vorhanden sind.

Zu den konzeptionellen Fähigkeiten gehören:

Gestaltung, Betrieb und Erhalt nachhaltiger Strukturen in komplexer Systemumgebung

Gestaltung und Nutzung nachhaltiger Prozesse in komplexer Systemumgebung

GESTALTUNG NACHHALTIGER STRUKTUREN: GRUNDREGELN

Systeme mit verteilter Leistung (Intelligenz) sind stabiler und nachhaltiger als mit zentralen Leistungsparametern

Vernetzte Systeme erzeugen auch eine Vernetzung ihrer Regelwerke

Systeme mit *hidden functions* (vorhandene, aber aktuell nicht genutzte Funktionen. z.B. in einer Firmware) sind nur dann nachhaltig, wenn sie einschließlich ihrer äußeren und inneren Synergien vollständig dokumentiert sind.

Bei Systemen mit *hierarchischer Struktur* müssen Vorkehrungen zur Überwindung des Hierarchiewiderstandes (unterschiedliche Durchlässigkeit für Informationen von oben nach unten und von unten nach oben) getroffen werden

Mehr Daten bedeuten nicht automatisch mehr Sicherheit und Nachhaltigkeit („Die BIG Data Falle“)

Nachhaltige Systeme sind *funktionsorientiert* und nicht *objektorientiert* gestaltet

Synergiemanagement ist ein Grundprinzip von Nachhaltigkeit

Wirksame Nachhaltigkeit ist nur unabhängig von quantitativem Wachstum möglich

Wirtschaftlichkeit muß der Sicherheit untergeordnet sein

Die Ausfallwahrscheinlichkeit *multipliziert* sich bei der Reihenschaltung von Systemkomponenten

Um nachhaltige Strukturen zu gestalten muß Individualität zugunsten von Kommunikation aufgegeben werden



Nachhaltigkeit bedeutet vorgesehene Rückfallebenen

Externe Informationen für nachhaltige Systeme müssen vor ihrer Verwendung verifiziert werden

Sicherheitsfunktionen für Systeme mit mehreren Komponenten sind nur nachhaltig, wenn dafür *deutlich abgegrenzte physikalische Grundlagen* genutzt werden

Systeme mit ausschließlich *äußerer Sicherheit* sind a priori gefährlich (Atomkraftwerke!) weil immer ein unvorhergesehener Kontext entstehen kann (Tsunami, Krieg)

Systeme ohne Rückfallebene sind nicht nachhaltig gestaltungsfähig

Systeme mit ausgelagerten Basisfunktionen sind funktionell instabil (z.B. Fuhrpark und Schienennetz im öffentlichen Nahverkehr gehören verschiedenen Betreibern, Kommunen ohne eigenen Zugriff auf Wasser- und Energieversorgung und öffentlichen Verkehr...)

Funktionssicherheit kann durch Parallelschaltung gleicher Komponenten im gleichen Kontext nicht erreicht werden (Beispiel: Spiegelserver im gleichen Kontext, z.B. an der gleichen Stromversorgung oder am gleichen Ort)

Anstreben besonderer Echtzeitnähe erhöht die Anfälligkeit für Kontextänderungen

„Digitalisierung“ bedeutet nicht automatisch eine Erhöhung von Funktionssicherheit und Nachhaltigkeit

GESTALTUNG UND NUTZUNG NACHHALTIGER PROZESSE IN KOMPLEXER SYSTEMUMGEBUNG

Innere und äußere Aufbau- und Ablauforganisation haben einen besonderen Einfluß auf die Möglichkeiten, mit einem komplexen System umgehen zu können. Zur Ganzheitlichen Systemkompetenz gehört daher, auch *diese Prozesse* verstehen und mitgestalten zu können

© D.Skrobotz

März 2017 /Okt.2018/ Mai 2022

Dieser Artikel entstand unter Verwendung eines Vorlesungsskripts für den Studiengang Security Management an der FH Brandenburg, 2016