

Grenzen des Systems Engineering



Dieter Scheithauer
Dr.-Ing., INCOSE ESEP

17.11.2023



Situationsbeschreibung

- Die Biosphäre mit ihren geologischen und biologischen Kreisläufen stellt dem Leben auf der Erde begrenzte Ressourcen zur Verfügung
- Technischer Fortschritt nutzt diese Ressourcen, um die menschlichen Lebensbedingungen in vielerlei Hinsicht zu sichern und zu verbessern
- Dabei werden immer wieder Konsequenzen menschlichen Handelns sichtbar, die die Aufrechterhaltung des Erreichten in Frage stellen und Zivilisationen, Kulturen und schlimmstenfalls der Menschheit insgesamt die Existenzgrundlagen entziehen können
- Bei allem Vertrauen in die Fähigkeiten, Probleme zu erkennen und zu lösen, stellt sich dennoch die Frage, wo die Grenzen menschlicher Erkenntnisfähigkeit und Innovationskraft liegen
- Im Systems Engineering herrscht das Selbstverständnis vor, für Lösungen komplexer Problemstellungen unverzichtbar zu sein

Schlussfolgerung

- *Eine Beschäftigung mit der Frage nach den Grenzen des Systems Engineering ist essentiell für besonnenes und verantwortungsvolles Handeln im Systems Engineering*

Systemkategorisierung nach Warren Weaver



Probleme unorganisierter Komplexität

- Statistische Mechanik
- Beschreibung des Zustandes der Gesamtmenge, nicht der einzelnen Partikel

Probleme organisierter Komplexität

- Nutzung des Fortschritts in der Informationstechnologie für Modellierung und Optimierung
- Stakeholder-Orientierung und multi-disziplinäres Engineering

Grenze nach oben verschieben

Lösbare Probleme organisierter Komplexität

Einfache Probleme

- In 1948 beherrschte Mehrkörpersysteme
- Zur Zeit der Anfänge in der Informationstechnik

WeiBes Rauschen:

Korrelationen der Zustände zwischen einzelnen Partikeln sind vernachlässigbar

Farbiges Rauschen:

Korrelationen der Zustände der einzelnen Körper sind für das Verständnis bedeutsam

„At the Edge of Systems Engineering“

Grenze in 1948 (nach Warren Weaver)

Warren Weaver: Science and Complexity, 1948.

Welche Grenzen?



Grundfrage der abendländischen Neuzeit: Ist die menschliche Erkenntnisfähigkeit begrenzt?

- Zunehmender Wohlstand im ausgehenden Mittelalter schuf Bildungsmöglichkeiten abseits des Klerus



- Emanzipatorische und egalitäre Gesellschaftsmodelle der Reformationszeit stellten den intellektuellen Vorrang des Klerus in Frage

Zwei gegensätzliche Lösungsansätze

Alle sind so gottgleich, wie vom Klerus exklusiv beansprucht

- Streben nach absolutem Wissen und Wahrheit

Johannes Calvin, Ulrich Zwingli

Weltanschaulicher Calvinismus

Niemand hat einen besonderen Draht zu Gott

- Einsicht in die Bedingtheit menschlicher Erkenntnis

Martin Luther

Weltanschaulicher Lutheranismus

Die Versuchung schwacher Korrelationen



Probleme unorganisierter Komplexität

- Statistische Mechanik
- Beschreibung des Zustandes der Gesamtmenge, nicht der einzelnen Partikel

Weißes Rauschen:

Korrelationen der Zustände zwischen einzelnen Partikeln sind vernachlässigbar

Probleme organisierter Komplexität

- Nutzung des Fortschritts in der Informationstechnologie für Modellierung und Optimierung
- Stakeholder-Orientierung und multi-disziplinäres Engineering

Farbiges Rauschen:

Korrelationen der Zustände der einzelnen Körper sind für das Verständnis bedeutsam

Grenze nach oben verschieben

„At the Edge of Systems Engineering“

Lösbare Probleme organisierter Komplexität

Grenze in 1948 (nach Warren Weaver)

Einfache Probleme

- In 1948 beherrschte Mehrkörpersysteme
- Zur Zeit der Anfänge in der Informationstechnik

Korrelationsanalysen

- Korrelationsanalysen sind etablierte wissenschaftliche Praxis
- Im Fall starker Korrelationen, helfen Korrelationsanalysen die Modellqualität zu verbessern
- Bei schwachen Korrelationen mit geringem Rauschabstand stellt sich die Frage nach der Signifikanz

Unterschied zwischen Theorie und Praxis

- In der Theorie sind Systeme organisierter und disorganisierter Komplexität eindeutig und klar gegeneinander abgrenzbar
- In der Praxis sind weißes und farbiges Rauschen in Messsignalen überlagert

Pseudowissenschaftliche Versuchung

- Hochskalierung zur Signifikanzerhöhung vermuteter kausaler Abhängigkeiten
- Ableiten von Schlussfolgerungen
- Herunterskalierung auf realistische Größenverhältnisses
- *Schwache Korrelationen deuten auf komplexe Systemzusammenhänge hin*
- *Unterkomplexe Skalierungsmodelle bergen die Gefahr pseudowissenschaftlicher Erkenntnisse*

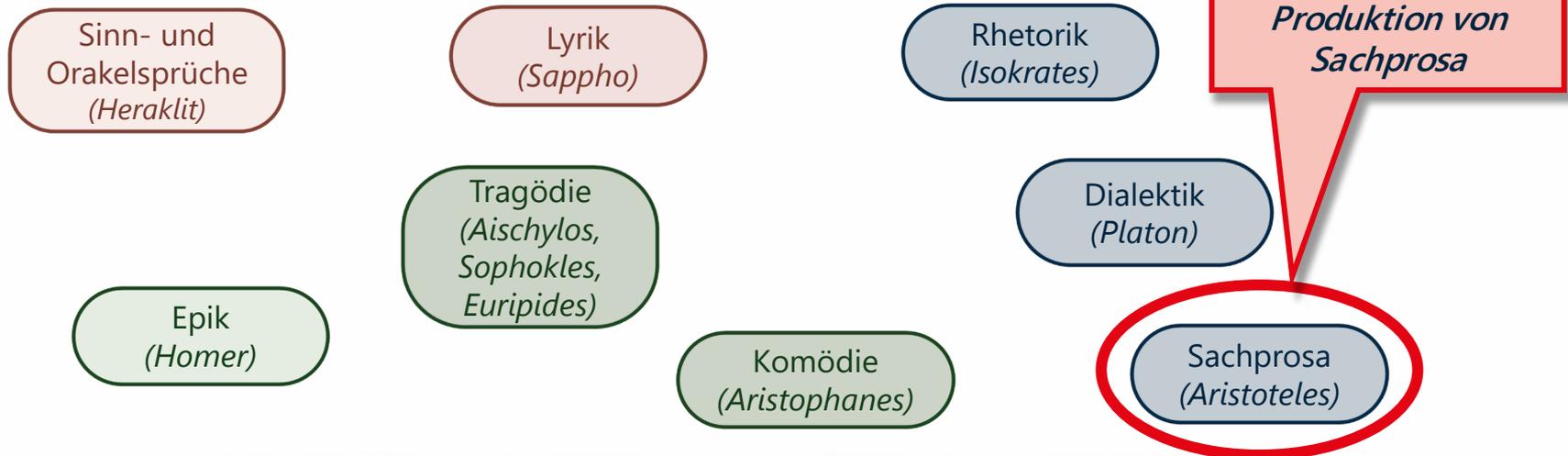
Dieter Scheithauer: Parameterschätzung mit einem modifizierten Maximum-Likelihood-Verfahren bei Systemen mit Prozess- und Messrauschen, 1988.



Antike griechische Hochkultur

- Wohlstand durch maritimen Handel
- Hohe gesellschaftliche Dynamik aufgrund kleinräumiger Siedlungsstrukturen
- Erfindung einer phonetischen Vokalschrift
- Verfügbarkeit von Papyrus als ägyptischem Handelsgut

Entwicklung neuartiger Literaturformen





Aristoteles: Produktionsbedingungen für Sachprosa

Aristoteles: Organon, 4. Jhdt. v. Chr.

Syllogistik

- Logisches Schlussfolgern

Kategorienlehre

- 10 universale Kategorien

Induktionsproblem

- Logische Schlüsse generieren Wahrheit nur, wenn die Prämissen wahr sind
- Als Lösungsansatz ging Immanuel Kant von einem Wissen a-priori aus
- David Hilbert forderte eine Axiomatisierung der Wissenschaften

Kategorische Referenzrahmen

- Große Variabilität von anwendungsspezifischen Konventionen, Standards und Normen

Immanuel Kant: Kritik der reinen Vernunft, 1787.

Hans Wußing: 6000 Jahre Mathematik, 2009.

Formale Logik

- Gottlob Frege: Formale Logik
- Georg Cantor: Mengenlehre

- Alfred North Whitehead, Bertrand Russell: Begründung der Arithmetik auf Basis rein logischer Axiome

Grenzen der Logik am Beispiel der Arithmetik



Primzahlen

- Es lässt sich keine Folge für die Kalkulation aller Primzahlen finden



- Logik garantiert nicht notwendigerweise Ordnung

Unentscheidbarkeit (Kurt Gödel)

- Nutzung der Primzahlen, um die Sätze der Arithmetik mittels Primzahlzerlegung selbst in Arithmetik zu kodieren
- Dabei entstehen auch Hypothesen, deren Gültigkeit arithmetisch weder bewiesen noch widerlegt werden kann



- In streng formalen logischen Sprachen können Fragen formuliert werden, die in diesem Sprachraum nicht beantwortet werden können

J. W. Dawson: Logical Dilemmas – The Life and Work of Kurt Gödel. 1997.

Ist dies Alles, was sich über die Grenzen logisch gewonnener Erkenntnis aussagen lässt?

- Logik scheitert an Henne-Ei-Problemen mit ihrer gegenseitigen Bedingtheit
- Logik fehlt ein Konzept freier Variablen (z. B. Zeit)

Die Erzählstruktur mathematischer Funktionen



Welcher Ansatz hilft auf der Suche nach den Grenzen des Systems Engineering weiter?

Argumentative Sprache

- Nur Menschen sind in der Lage auf Warum-Fragen argumentative Antworten zu geben
- Neuartige Möglichkeiten der Kommunikation im Wechselspiel mit verbessertem Sozialverhalten
- Sprachphilosophie ist als Lösungsansatz ungeeignet, da Sprache auf Logik reduziert wird

M. Tomasello: A Natural History of Human Thinking. 2014.

N. Kompa: Handbuch Sprachphilosophie. 2015.

Allgemeine Erzählstruktur

Dann ... und dann ... und dann ... und dann ... und dann ...

- Kausale Zusammenhänge sind besser erinnerbar als rein zeitliche
- Stringente Kausalketten mit weitgehendem Verzicht auf Nebenerzählungen wirken überzeugender
- Allgemeine Erzählstruktur entspricht Kausalität nach David Hume: Logik plus Zeit

A. Koschorke: Wahrheit und Erfindung – Grundzüge einer Allgemeinen Erzähltheorie. 2012.

D. Hume: A Treatise to Human Nature. 1739.

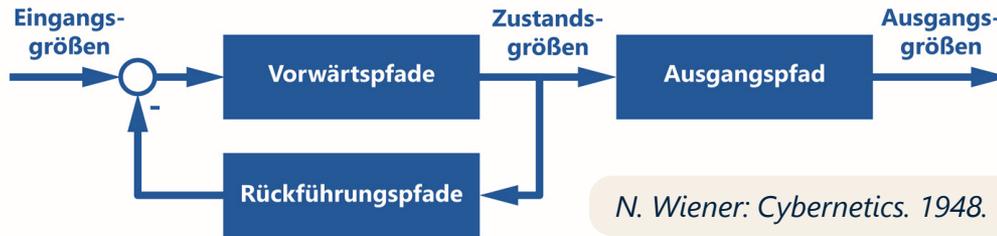
Lösungsansatz Funktionstheorie

- Eingangswerte werden in einem internen funktionalen Zusammenhang von Zustandsgrößen, optional in Abhängigkeit freier Variablen, in Ausgangsgrößen transformiert
- Theoreme gelten, wenn die Eingangswerte selbst nicht von den Ausgangsgrößen abhängig sind

Grenzen der Logik im Systems Engineering



Kybernetik (Norbert Wiener)



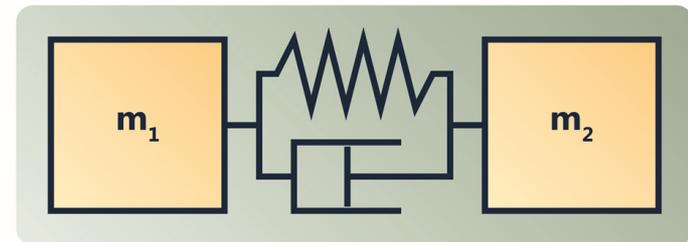
- Sprachraum der Arithmetik erweitert auf komplexe Zahlen und um freie Variable
- Einzelne Vorwärts-, Rückführungs- und Ausgangspfade erfüllen Kausalitätsbedingungen nach D. Hume

• Die Feedback-Theorie definiert das Maximum heute bekannter logischer Sprachräume

• Die Feedback-Theorie erlaubt die näherungsweise Modellierung wechselseitiger Abhängigkeiten bis hin zu Finite-Elemente-Methoden

• Technisch werden hohe Größenordnungsunterschiede zur Erzielung unidirektionaler Bewegungen und Energieflüsse verwendet

• Eine vollständige Weltmodellierung auf Basis der Feedback-Theorie bleibt wegen in der Realität vorhandener Emergenzen eine Illusion



L. v. Bertalanffy: *General System Theory*. 1969.

Willkürliche axiomatische Setzungen



Beispiel aus der Praxis des Systems Engineering

Wachsende
Weltbevölkerung



Agrartechnischer und
agrochemischer
Fortschritt notwendig, um

- Ernährung sicherzustellen
- Flächenverbrauch zu minimieren
- Artenschutz zu unterstützen

Pro

- Sicherung menschenwürdiger Lebensverhältnisse
- Zukunftsorientiertes Wachstumsparadigma

Contra

- In Menschen ist mehr als ein Drittel der Biomasse aller landlebenden Wirbeltiere gebunden plus mehr als 60 Prozent in domestizierten Nutztieren

Schlussfolgerungen

- Das existentielle Problem ist hinter der willkürlichen axiomatischen Setzung einer immer weiter wachsenden Weltbevölkerung verborgen
- Technische Gesamtlösungen für ein Biosphären-Engineering sind systemtheoretisch wegen mangelnder Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit unmöglich
- Nachhaltige Wissenschaft und Technik sind auf offene Gesellschaftsformen angewiesen, um falsche gesellschaftliche Agendasetzungen zu vermeiden



Achtung Tabu

- Es leben zu viele Menschen auf der Erde



Logischer Radikalismus

- Eine derartige Aussage muss in Konsequenz einzelnen Individuen die Existenzberechtigung absprechen

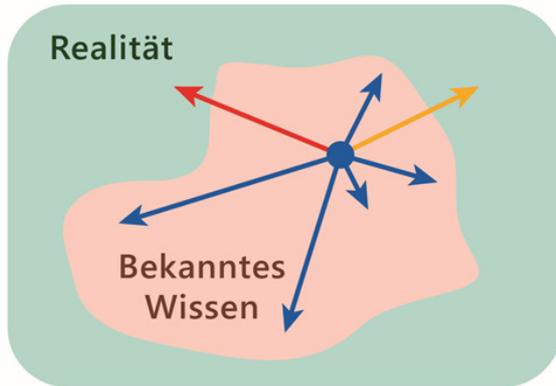
Auflösung des Tabus

- Logik kennt keine freie Variable Zeit

- Der logisch radikale Gedanke klingt logisch überzeugender als die Schlussfolgerung:
Die Zahl der Menschen muss abnehmen, um in Zukunft Allen ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen

Validierter Lösungsansatz

- Bildung für Alle
- Niederschwelliger Zugang zu Empfängnisverhütungsmitteln
- Gesellschaftlich garantierte soziale Absicherung



- Innovation im Einklang mit kategorischem Referenzsystem
- Innovation im Widerspruch zum kategorischen Referenzsystem

Falsifikation

- Feststellung des Widerspruchs zum kategorischen Referenzsystem

H. Reichenbach: Philosophie der Raum-Zeit-Lehre. 1928.

- Aktualisierung des kategorischen Referenzsystems

K. R. Popper: Logik der Forschung. 1928.

Multidisziplinäre Falsifikation

- Über die gleichen Beobachtungen und Fakten lassen sich sehr unterschiedliche Erzählungen bilden
- Dies bedeutet keine Beliebigkeit, da unterschiedliche Fachdisziplinen verschiedene kategorische Referenzsysteme nutzen
- Entscheidend ist, ob diese Erzählungen zueinander passen
- Multidisziplinäre Falsifikation ist besonders zur Aufdeckung willkürlicher axiomatischer Setzungen und logischer Radikalismen geeignet



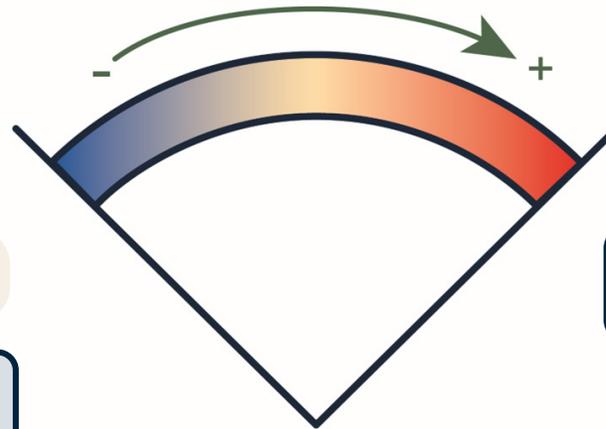
Selbstreflektion

„Ich habe davon keine Ahnung, es muss trivial sein.“

I. A. Krylov zit. nach Y. M. Lotman: Universe of the Mind. 1990.

„Worüber man nicht reden kann, kann man nur schweigen.“

L. Von Wittgenstein: Tractatus Logicus. 1922.



„Ich weiß, dass ich nichts weiß.“

Sokrates. 4 Jhdt. V. Chr

Sprachschöpfung

- Kreativer Akt im Problemfinden und Problemlösen
- Im Verlauf der Gestaltung innovativer Systeme wird die Gestaltqualität der verwendeten Begriffe und Semantiken angereichert
- So sind wissenschaftliche und kulturelle Fortschritte letztlich ein integraler Bestandteil des biosphärischen Evolutionsgeschehens



Danke
für Ihre Aufmerksamkeit

Dieter Scheithauer
Dr.-Ing., INCOSE ESEP

H·I·T·S Engineering

Breitensteinstraße 26
83727 Schliersee
Deutschland

Telefon: +49 80 26 - 97 68 00
Fax: +49 80 26 - 97 67 99
Mobil: +49 170 - 23 50 23 4

dieter.scheithauer@hitseng.eu
www.hitseng.eu