

Organisation in komplexen adaptiven Systemen - Standpunktpapier zum Seminartermin am 03.12.2019

Immanuel Thoke

03. Dezember 2019

1 Ashbys Gesetz der notwendigen Varietät und das Problem der Komplexitätsbewältigung

Ausgangspunkt der Überlegungen von Ashby(1958) sind grundlegende Aussagen über die Relation zwischen System und Umwelt. Dieser Artikel behandelt Schlussfolgerungen, die sich aus der Identifikation der Vielfalt von Elementen (bspw. Zuständen), Varietät genannt, der Umwelt und des Systems ergeben.

Im Sinne kybernetischer Beschreibungsformen beschreibt Ashby(1958) die System-Umwelt-Relationen, die in der Lage sind die innere Ordnung des Systems zu verändern, als Störungen, die reguliert werden müssen, um die innere Ordnung oder Stabilität des Systems aufrechtzuerhalten. Das System sei in der Lage eine funktionale Repräsentation seiner Umgebung so abzubilden, dass durch antagonistische Verhaltensweisen die Aufrechterhaltung des systemspezifischen Innen-Außen-Verhältnisses erreicht wird. Wenn das System jedoch keine Antagonisten besitzt, um diese Störungen auszugleichen, schlagen sich die Störungen in den Eigenschaften des Systems nieder, womit das System von der Umwelt abhängig wird.¹ Das System versucht demzufolge diese Möglichkeiten zu reduzieren, sodass auf die Anzahl möglicher Störungen nur eine kleinere Anzahl an Antworten möglich wird, die diese Störungen kompensieren. Die Varietät der Antworten ist also abhängig von der Varietät der Störungen. Sie wird minimal, wenn die Varietät der Signale mit der Varietät der Antworten übereinstimmt. Das Gesetz der notwendigen Varietät sagt demnach aus, *dass die Varietät der Antworten auf externe Stimuli genauso hoch sein muss, wie die Varietät dieser Stimuli, um das System frei von Störungen zu halten.*

Sommerhoff beschreibt Regulierung als dynamischen Prozess und Folge sich verändernder äußerer Bedingungen. Dass ein System sich also äußeren Bedingungen anpassen kann, sei als direkte Folge veränderlicher Prozesse zu verstehen und Ausdruck einer inhärenten Beziehung zwischen Umwelt und System sind, die sich durch eben diesen dynamischen Prozess offenbart. Ashby referenziert hierbei sowohl die Ergodentheorie, welche bspw. auch implizit beim Stern-Gerlach-Versuch angewandt wird, als auch ergodischer Zyklen in Shannons Kommunikationstheorie. Demnach findet Kommunikation solange statt, bis sich das Verhältnis zwischen Sender und Empfänger durch wechselseitige Nachrichten explizit ausdrücken konnte. Dieses Theorem, so Ashby, lässt sich für komplizierte offene Systeme, also etwa lebender Systeme, in-

¹s. Gleichung 1, S. 7

sofern adaptieren, wenn man davon ausgeht, dass deren "Kommunikation" (System-Umwelt-Reaktionen) zwar nicht-ergodisch verlaufen (bzw. sich aufgrund nicht-ausschließbarer Faktoren nicht determinisierbar sind), jedoch über jene vorgestellten Regulationsmechanismen verfüge, komplizierter oder störungsbehafteter Nachrichten so aufzudröseln, dass am Ende eine ergodischer Zyklus stattfindet. Das Störsignal wird dabei entweder durch Reservekapazitäten kompensiert oder vollständig entschlüsselt.

Boisot und McKelvey (2011) resümieren, dass eine Adaption demzufolge darauf zurückzuführen ist, dass das System Umwelteinflüsse entweder durch Komplexitätsreduktion gewissermaßen unterdrückt oder sich darauf spezialisiert und dabei einen hohen Grad der Adaption erreicht. Mit der Frage nach einem ressourcen-optimalen Niveau der Adaption zur Bewältigung dieses Trade-Offs, geht damit die Suche nach einer optimalen Repräsentation der Komplexität der Umwelteinflüsse einher, um adäquat zwischen subjektiv bedeutsamen Stimuli und Störungen unterscheiden zu können. Dafür stellen die Autoren den *Ashby-Raum* vor: Ein Diagramm, mit welchem sich, unter Anwendung Ashbys Gesetz der notwendigen Varietät, die Funktionalität oder Qualität der Adaption anhand dem Verhältnis zwischen externem Stimuli und adäquater Antwort ablesen lässt. Die „*adaptive frontier*“ markiert die obere Grenze der Differenz zwischen innerer und äußerer Varietät, unter der eine Adaption unter ressourcetechnischen Aspekten dennoch sinnvoll sein kann, wenngleich das volle Adaptionspotenzial nicht ausgeschöpft wird. Wird dieses Modell auf lebende Systeme angewendet, könne eine hohe Varietät an Antworten auf externe Stimuli als kognitive Adaptivität verstanden werden, geringe als rein physische Adaption. Der Mensch sei aufgrund seiner kognitiven und Fähigkeiten in der Lage überproportional viele Umwelteinflüsse funktional adaptiv abzubilden und durch auf die Zunahme an Umwelteinflüssen dynamisch zu reagieren, indem, entsprechend der Komplexitätszunahme, zusätzliche sozio-technische Komponentensysteme aktiviert werden. Im Folgenden erklären Boisot und McKelvey (2011) anhand spezifischer Adaptionsprozesse, wie sich die „Intelligenz“ und Physiologie des Systems durch den Pfad, den sie auf im Ashby-Raum im Zuge der Reaktion auf die Varietät des Stimulus nehmen, kategorisieren lässt. Der Agent, also die Komponente die den Adaptionsprozess des Systems repräsentiert, muss situativ entscheiden, ob es in der Lage ist die Varietät des Stimuli vollständig abzubilden, wenn sie als relevant eingestuft wird und genügend Adaptionskapazität vorhanden ist, oder ob die Antwortkomplexität verringert werden muss, weil diese nicht ausreicht und vice versa.

Die Einstufung der Relevanz der Stimuluskomplexität hängt entscheidend von der Interpretation des Signals ab. Verfügt das System über Fehlerkontrollmechanismen der Signalinterpretation, so wird das Signal niemals als vollständig relevant eingestuft werden können, da diese indirekt proportional von der Fehlererkennungsrate abhängt. (Ashby 1958) In ähnlicher Weise kommt es zu einem Flaschenhalseffekt, wenn die Komplexität des Stimuli die Verarbeitungskapazität des Systems um Größenordnungen übersteigt. So könne man Signale nur vollständig verarbeiten, wenn das Komplexitätsverhältnis annähernd linear ist (Boisot und McKelvey 2011). Damit lässt sich die Brücke zu der (stark begrenzten) Prognosefähigkeit von nicht-linearen Systemen schlagen. Demnach zeichnen sich chaotische Umwelteinflüsse nicht nur durch ihre Problemgröße aus, sondern auch dadurch, dass die Verarbeitungskapazität (in der Zeit) zu gering ist, um sie als Probleme hinreichend kleinerer Komplexität zu erkennen. Im Gegensatz dazu zeichnen sich Stimuli des „geordneten Regimes“ dadurch aus, dass sie relativ einfach adäquat analysierbar sind.² Ashby (1958) kommt zu einem ähnlichen Schluss: Die

²refers to law of requisite variety

Grenzen der Verarbeitungskapazität schlagen sich ebenso nieder, in dem was Wissenschaft leisten kann, wenn sie versucht komplexe heterogene, offene Systeme mit klassischen reduktionistischen Methoden der Naturwissenschaften zu untersuchen. Anstatt ein kompliziertes System verstehen zu müssen, reiche es, analog zu Methoden des Operational Research, es kontrollieren zu können – also etwa Input-Output-Relationen erkennen und nutzen zu können. An dieser Stelle setzen demnach pragmatische Methoden ein, die den Status-Quo anerkennen und auf dessen Basis sich auf das konzentrieren, was realistisch leistbar ist. Boisot und McKelvey(2011) führen diesen Ansatz weiter und konzentrieren sich auf antizipierbare Phänomene emergenter Prozessen der Selbst-Organisation, die auch abseits eines Gleichgewichtszustandes in dissipativen Strukturen beobachtbar sind. Demzufolge lassen sich komplexe Systeme besser verstehen, wenn man die Bifurkationspunkte der „*tiny initiating events*“(TIE) identifiziert und einhergehende Skaleneffekte analysiert.

2 Reflexion

Wikipedia schreibt, dass aufgrund der Nicht-Linearität und des offenen Charakters komplexer Systeme diese sich der Vereinfachung entziehen.³ Klar ist, dass aufgrund wechselseitiger Interaktionen Eigenschaften des Systems nicht auf einzelne Komponenten reduzieren lassen, sondern im Sinne des komplexen Zusammenspiels vieler Komponenten ihnen eine Klasse an Eigenschaften zugeordnet werden muss. Dass dadurch das Gesamtverhalten des Systems nicht eindeutig bestimmbar ist, scheint logisch, jedoch frage ich mich, warum es nicht zumindest eindeutig bestimmbar sein soll. Vergleicht man die Theorie komplexer Systeme nämlich mit Quantensystemen, könnte man einen Bezug zu der komplexen Eigenschaft einzelner Teilchen in ihrem Bezugssystem andeuten, die sich auch nur eindeutig im Kontext eben ihres Bezugssystems bestimmen lassen. Ashby(1958) stellt den Bezug ja selbst her, in dem er auf die Ergodentheorie verweist. Zwar geht diese von Sigma-Algebren aus, die die Abgeschlossenheit des Bezugssystems voraussetzt, was im Widerspruch der Offenheit des Bezugssystems komplexer Systeme steht, jedoch könnte man vielleicht auch in offenen Systemen gewisse obere Grenzen definieren, um bspw. mithilfe konvexer Hüllen eine Annäherung der Verlaufsform komplexer Systeme zu simulieren, wenn man diese an empirisch belegbaren Bifurkationspunkten ansetzt. Komplexe adaptive Systeme(KAS), als Spezialfall komplexer Systeme, charakterisiert insbesondere ihre Fähigkeit der Evolution aus sich selbst heraus durch Reaktion und Adaption von Umweltfaktoren via autopoietischer oder -katalytischer Mechanismen, die entscheidend für die immanenten Systemeigenschaften sein können. Kritisch zu hinterfragen sei hier einerseits die Begrenztheit der Adaptivität (komplexer) externer Vorgänge und einhergehender Komplexitätsreduktionsmechanismen, welche folglich System-Umwelt-Relationen irreversibel(?) verändern können. Gleichermäßen lässt sich dies über den Beobachter und dessen Bezugssystem aussagen, wodurch die Aussagekraft über KAS begrenzt bleibt. Anwendungen von KAS lassen sich demzufolge hinreichend lediglich mittels ihrer I-O-Relationen kontrollieren, wobei „Resonanzen und Dissonanzen der Dynamiken der Systemkomponenten eine wesentlich zentralere Rolle spielen als rein quantitative Durchsatzraten“(Gräbe 2019) Fraglich ist auch ob in der Applikation dynamischer Systeme und KAS eine sinnvolle Trennung zwischen Störsignalen und Komplexitätsadaption möglich ist oder ob Störsignale nicht eben der Ausdruck mangelnder Komplexitätsadaption sind. Interessant ist auch, dass scheinbar

³https://de.wikipedia.org/wiki/Komplexes_System

homöostatische Prozesse in dissipativen Strukturen existieren können, wenn Gleichgewichtszustände aufgrund lokaler Dynamiken eigenzeitliche Fixpunkte anvisieren.

Literatur

- Ashby W.R. (1958). Requisite variety and its implications for the control of complex systems. Cybernetica 1:2, p. 83-99.
- Boisot, McKelvey (2011). Complexity and organization - environment relations: Revisiting Ashby's law of requisite variety.
- Holland (2006). Studying Complex Adaptive Systems. Jrl Syst Sci & Complexity (2006) 19: 1-8.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Komplexitt>. Letzter Aufruf 03.12.2019 06:55 Uhr.
- https://de.wikipedia.org/wiki/Komplexes_System. Letzter Aufruf 03.12.2019 06:55 Uhr.