

Kybernetik Eine Einführung

κυβερνητης = Steuermann

a) allg.: Systemtheorie: Ashby

b) Maschinentheorie: Turing,

c) Informationstheorie: Shannon, Wiener

---> Kommunikationstheorie: Übertragung und Verarbeitung von Nachrichten

Fragen aus der letzten Sitzung:

1. Unterschied von dissipativ und konservativ:

Ideale Gase besitzen drei Zustandsgrößen:

Druck: p

Volumen: V

Temperatur: T oder θ

Drei Typen von Zustandsänderungen eines Systems:

a) Isochore \sim : $D V = 0$

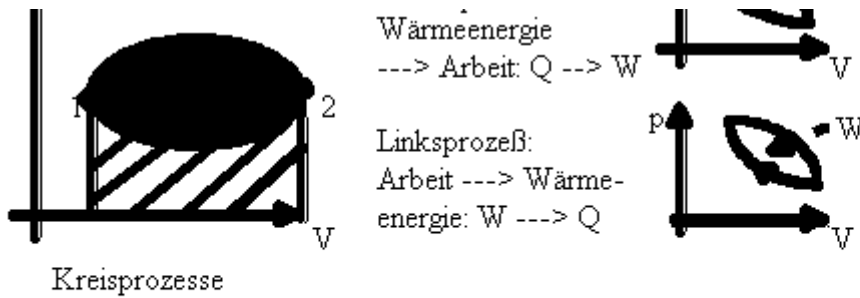
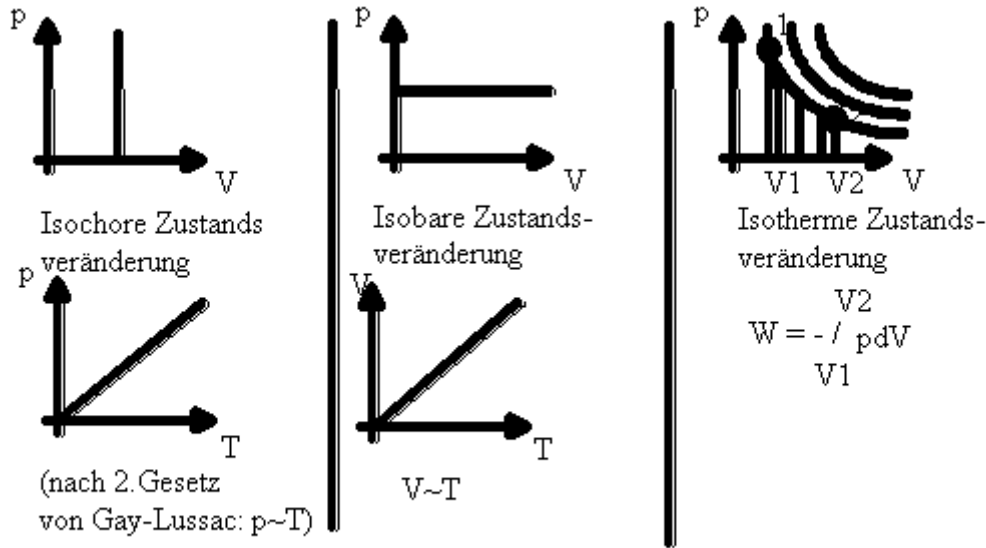
b) Isobare \sim : $\Delta p = 0$

c) Isotherme \sim : $\Delta T = 0$

daneben:

d) Isentrope \sim : $\Delta Q = 0$ (Konstanz der Entropie, also, kein Wärmeaustausch mit der Umgebung, völlige Wärmeisolierung)

e) polytrope \sim : $\Delta Q \neq 0$



Def.:

Wärmekraftmaschine: Maschinen, die Kreisprozesse im Uhrzeigersinn durchlaufen (Rechtsprozesse oder Carnotprozesse). Zufuhr von Wärmeenergie bei hoher Temp. Umwandlung in mechanische Arbeit. Abgabe der Restwärmeenergie bei niedriger Temp.

Kältemaschine/Wärmepumpe: Maschinen, die Kreisprozesse gegen den Uhrzeigersinn durchlaufen (Linksprozesse). Aufnahme von Wärmeenergie bei niedriger Temp.. Zusätzliche mechanische Arbeit (Kompressor) wird zusammen damit abgeführt (an Umgebung).

Erster Hauptsatz (Energieerhaltungssatz; konservare=erhalten; konservatives Prinzip)

a) In einem abgeschlossenen System ist die Summe aller Energien konstant.

--> Energie wird weder vernichtet noch entsteht aus dem Nichts, sondern wird nur umgewandelt.

b) 1. Hauptsatz der Thermodynamik im engeren Sinne

Zufuhr von Wärmeenergie und mechanischer Arbeit vergrößert die innere Energie eines abgeschlossenen Systems.

$$Q + W = \Delta U$$

Def. INNERE ENERGIE: $\Delta V = 0 \implies$

Änderung der \sim :

$Q = \Delta U$, da keine Arbeit geleistet wird ergo:

$$\Delta U = cV_m \Delta T$$

Innere Energie:

$U = cV_m T$ (eigentl. innere Energie) mit

m Masse des Gases

cV spezifische Wärmekapazität eines Gases

Ein anderer Ansatz: Äquivalenz von mechanischer Energie (nicht Arbeit!!) und innerer Energie (Joules Wärmekraftmaschine). Temperatur eines Stoffes ist das Maß der mittleren kinetischen Energie seiner Moleküle (statistische Wärmetheorie nach Maxwell).

Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (dissipatives Prinzip; dissipare=zerstreuen)

a) Prinzip der Wärmekraftmaschine (Def. siehe oben):

"Wärme kann nur dann in Arbeit umgewandelt werden, wenn zugleich ein Teil der Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergeht"

b) Prinzip der Kältemaschine (siehe oben)

Wärme kann von einem kälteren auf einen wärmeren Körper nur unter Aufwand mechanischer Arbeit übertragen werden

Ergo: Wärmeenergie fließt in einem unbeeinflussten, geschlossenen System niemals von Stellen niedriger zu Stellen höherer Temperatur oder:

die Entropiedifferenz in einem geschlossenen System ist stets größer/gleich 0:

$$\Delta S \geq 0$$

Zwei Typen von Prozessen in geschlossenen Systemen:

Reversibilität: Eigenschaft von Zustandsänderungen eines Systems, welches wieder in seinen Ausgangszustand ohne Energiezufuhr zurückkehrt.

Irreversibilität: Nur in eine Richtung ablaufende Prozesse.

2. Isomorphie (nach Ashby)

Black-Box-System: es werden nur die Inputs und Output eines Systems betrachtet und dann auf ihre funktionale Ähnlichkeit/verschiedenheit geschlossen.

Vorläufige Klärung: isomorph = musterähnlich/gleich ("similar in pattern")

Allg.: Jede Abbildung (*mapping*), *welches die Relationen zwischen den Elementen unverändert läßt oder: wenn eine eindeutige (bijektive) Abbildung die Zustände (In- und Outputs) des einen Systems ins andere vorliegt.* (vgl. dazu Ashby, S. 94-101).

Beispiele: Negativ - entwickeltes Bild

Landschaft - Karte

Ashby's Beispiel: ein mechanisches Federsystem, ein Schwingkreis, ein Polynom zweiten Grades

Ziel isomorpher Systeme: Simulation komplexer Systeme durch funktionsgleiche einfache(re). Dadurch wichtig bei der Bildung von wiss. Modellen.

3. Geschlossenheit vs. Offenheit von Systemen

Offene Systeme können Energie, Materie und Informationen austauschen, geschlossene nicht (nach H. Wehrst).

Grundproblem der Geschlossenheit: Die Gesetze der Thermodynamik besitzen nur für geschlossene Systeme Gültigkeit, jedoch läßt dies keine experimentelle Bestätigung zu, da jeder Meßvorgang eine physikalische Wechselwirkung zwischen System und Experimentator/Meßgeräten darstellt. Damit stößt man auf ähnliche Probleme wie in sie zur Ausbildung der Quantenphysik führten (Dualität Welle-Teilchen): der Beobachter ist Teil des Systems, ein Objekt an sich gibt es nicht.1

Partielle, temporäre Geschlossenheit: kennzeichnend für lebendige Systeme; "ist notwendige Voraussetzung der vollen dynamischen Offenheit der Biosysteme"

"Lösungsansätze":

- Turing: "simplification, idealization, falsification". Geschlossene Systeme sind nur modellhafte Idealisierungen
- geschlossene Systeme sind Sonderfälle offener => in offenen Systemen gelten die Gesetze der Thermodynamik und noch weitere.

Typen von Verhaltensbeeinflussung eines Systems

1.) Auslösung

Eine einfache Kausalbeziehung zwischen einer Information und dem Empfänger, ohne daß Art und Richtung des Verhaltens beeinflußt werden. Einfachste Beispiele sind Schalter (bzw. Ein- und Ausschalten); der Vorgang bewirkt zwar kanalgerecht ein Systemverhalten, jedoch spielen dabei Intensität und Art und Weise des Auslösens keine Rolle (vgl. neuronale Alles- oder Nichts-Reaktionen).

2.) Steuerung

"Das Ziel wird von außen gesetzt, Richtung und Art des Verhaltens werden von außen dirigiert."

Gesteuerte Systeme sind nicht in der Lage, Sollwerte einzuhalten oder anzustreben.

a) feste Steuerung: starre Steuermechanik wie z.B. bei unbedingten Reflexen oder Schienen eines Zuges.

b) variable Steuerung: flexible Steuermechanik wie z.B. beim Autofahren oder der Körperhaltung

3.) Regelung

"Das Ziel, der Sollwert, wird von außen gesetzt, das System verändert selbst sein Verhalten so, daß dieser Sollwert erreicht wird"

Geregelte Systeme sind "innengesteuerte" Systeme (Selbststeuerung).

4.) Anpassung

"Das System verändert sein Verhalten so, daß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen System und Umwelt einstellt - dieser selbst entwickelte Sollwert wird jetzt der zukünftigen Regelung zugrunde gelegt"

Anpassung, nicht Regelung sind für die evolutive Selektion relevant.

Geht man vom Modell des stabilen Gleichgewichts aus, hat jedes System (Organismus) grundsätzlich zwei Möglichkeiten, auf Störungen der Umgebung (Veränderungen der Umweltbedingungen) zu reagieren:

- Erreichen des alten Equilibriums
- Suche nach einem neuen Equilibrium

Anpassung unterscheidet sich von Regelung also einmal

- qualitativ: neue Arten von Störungen
- quantitativ: Dauer und Intensität der Störung macht den alten Gleichgewichtszustand instabil.

Letztlich sind es die quantitativen

Spezialformen: Gewöhnung, Imitation, Automatisierung

vor allem aber: bedingte Reflexe und Lernverhalten

Beim bedingten Reflex ist zwar der Verhaltensoutput von bedingtem und unbedingtem Anteil gleich, jedoch hat der Organismus ein neues Verhaltensmuster entwickelt (Umcodieren von Reizen).

Ähnliches gilt für Lernen durch Erfolg und Irrtum.

--> Selbstorganisation läßt sich als

- ein Spezialfall von Anpassung als auch/oder
- eine Weiterentwicklung von Anpassung

interpretieren.

Im ersten Fall wird auf die Außenstörungen die Betonung gelegt (stabil gegenüber Umgebungsänderungen), im zweiten Fall ist das System selbst gegenüber (zufälligen, statistischen) Änderungen seines Innenmilieus stabil.

Rückkopplungen (feedbacks)

Kompensatorische (= negative R.: "je mehr desto weniger" v "je weniger, desto mehr") ~:

Grundsätzlich ist jedes Regelungssystem träge, d.h. Soll- und Istwert sind zeitlich, nicht nur schematisch getrennt, oder anders ausgedrückt.

- der Regelbefehl ist gegenüber dem Sollwert oder noch anders

- Stellgröße ist gegenüber der Regelgröße

phasenverschoben.

---> praktisch (im Gegensatz zu theoretisch-modellhaft nach Blockschema) ist jedes negativ rückgekoppelte System ein **oszillierendes System**.

Kumulative (= positive R.):

Janusköpfig: einmal sind kumulative R.s genau das, was in der Regelung vermieden werden soll, da sie das System instabil werden lassen; auf der anderen Seite können solche R.s auch zu neuen stabilen Equilibria führen
---> Anpassung.

Drei Arten des "Übergangs" von kompensatorischen zu kumulativen (positiven) R.:

a) Phasenverschiebung $\phi = 1/2$: run-away-reaction (Aufschauklungsreaktion). Beispiel: Intentions-Tremor. Die Regelung tritt genau dann ein, wenn das System bereits wieder vom Sollwert abgewichen ist.

b) Zunahme der Störungen oder deren Intensität ---> Aufschaukelung wie unter a)

c) Invertierung des Stellglieds: Beispiel Klospülung: der Schwimmer schließt nicht, sondern öffnet mit zunehmendem Wasserstand das Einlaßventil.

Quellen/Literatur:

* Flechtner, Hans-Joachim: Grundbegriffe der Kybernetik, 5. Auflage 1984

* Ashby, W. Ross: An Introduction to Cybernetics, London 1958

* Holton, Gerald/rev. Brush, Stephen G.: Introduction to Concepts and Theories in Physical Science, Princeton Uni. Press 1985

* Physical Science Study Committee (PSSC) Physik (dt. Fassung), Braunschweig 1974

* Wehrt, Hartmut: Über Irreversibilität, Naturprozesse und Zeitstruktur, in: Offene Systeme I. Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution, hg. v. E. v. Weizsäcker, Stuttgart 1974, S. 114-199

* Kuchling, Horst: Taschenbuch der Physik, 15. Aufl., Köln 1995 (Wärmelehre)

* Stachowiak, Herbert: Kybernetik, in: Handbuch zur Wissenschaftstheorie, hg. v. H. Seiffert u. G. Radnitzky, München 1992