



Eine Ikonographie thermodynamischer Systemwirkungen für die Analyse von „Handlungen“

Hans-Christian Krcal

AWI DISCUSSION PAPER SERIES NO. 765

August 2025

Eine Ikonographie thermodynamischer Systemwirkungen für die Analyse von „Handlungen“

*Hans - Christian Krcal **

Department of Economics / Alfred-Weber-Institute for Economics

Business Administration

University of Heidelberg

Abstract:

Thermodynamic laws are dominant and not deniable, we need to consider those in the context of system theory. From the system's perspective the entropy issue is decisive for the evaluation of future economic options and constraints.

The paper sensitizes for entropic adequate firm acts in regard to resource management. Are system decisions reversible? The quality of entropy growth reflects the system's chance to keep up the space of acts, at least to prolong the space of acts. The system's observer and his information requirements are expressed in the entropy indicator.

Graphic solutions, such as pictograms among others, are developed and highlighted which support the attempt to reduce or at least to lighten complexity in the management of resources. Graphical devices for the measurement of system entropy are presented. The combined illustrations in the paper enhance a firm's ability for operational resource management under the predominance of entropy law, for example within working groups.

JEL- classification codes: B49, D24, D29, B41, M10, M20, P18, Q43

Key words: closed and open system, thermodynamics, decision making, entropy, steady state and thermodynamic equilibrium, firm

*Bergheimer Strasse 58, 69115 Heidelberg, Germany, e-mail: hans-christian.krcal@awi.uni-heidelberg.de und hans-christian.krcal@dhbw.de

Gliederung

	Seite
1. Einleitung	5
2. Handlungen im Systemraum	6
2.1 Handlung, System und Entropie	6
2.2 Handlung, Wärme und Arbeit	7
2.3 Handlung, Raum und Zeit	7
3. Handlung und entropisch orientiertes Ressourcenmanagement im System	12
3.1 Eigenschaften von Ressourcenarten als Ursachen entropischer Rekursivität	12
3.2 Verhältnisse ökonomischer und entropischer Qualitäten	15
3.3 Empfehlungen für ein betriebliches Ressourcenmanagement	18
4. Technische Aspekte einer Analyse der Systementropie	24
4.1 Ikonographische Aufbereitung der Handlungswirkungen	24
4.2 Zustände und Wechselperspektiven auf die Entropie	27
4.3 Reflexion der strukturellen Handlungswirkung	43
5. Grad der Umkehrbarkeit von Entropie	47
5.1 Richtung der Entropieänderung im geschlossenen System	47
5.2 Richtung der Entropieänderung im offenen System	53
5.2.1 Partialinklusion in diversen Systemarten	56
5.2.2 Grad der Systemdurchlässigkeit	62
5.2.3 Gleichgewichtsarten im offenen System	70
6. Die Beobachtung als Systemhandlung und die Systemhandlung unter Beobachtung	87
6.1 Entropie als Informationsmangel des Beobachters	87
6.2 Entropie bei Kombination der Parameter Informationsmenge und – gehalt	90
7. Die ikonographischen Aussagen im Überblick	94
8. Fazit	106

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1:	Variierender Handlungsraum durch Entropie im geschlossenen System	9
Abb. 2:	Abnahme kontingenter Handlungsmöglichkeiten durch Entropiezunahme im geschlossenen System	11
Abb. 3:	Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System	23
Abb. 4:	Perspektivenwechsel bei der Entropieanalyse	32
Abb. 5:	Grad der Umkehrbarkeit von Entropie	36
Abb. 6:	Piktogramm (I) "Zustände der Entropie"	38
Abb. 7:	Strukturelle Wirkungsreflexion einer Handlung im Mikrozustand	44
Abb. 8:	Irreversible Wärmediffusion – die physikalisch thermodynamische Grundlage von Handlungen im geschlossenen System	47
Abb. 9:	Piktogramm (II) "Irreversible Wärmediffusion im geschlossenen System"	48
Abb. 10:	Temperaturbeispiel der Wärmediffusion im geschlossenen System	49
Abb. 11:	Thermodynamisches Gleichgewicht	51
Abb. 12:	Handlungsabnahme und Handlungszunahme im offenen System	54
Abb. 13:	Piktogramm (III) "Wärmediffusion im offenen System – Systemerhalt und Negentropie"	54
Abb. 14:	Partialinklusion des "Betriebes" in diversen Systemarten auf der Mesoebene	58
Abb. 15:	Partialinklusion des "Menschen" in diversen Systemarten auf der Mikroebene	60
Abb. 16:	Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System	63
Abb. 17:	Piktogramm (IV): Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System	64
Abb. 18:	Transferebenen für das offene System	68
Abb. 19:	Piktogramm (V): Transferebenen für das offene System	69
Abb. 20:	Fließgleichgewicht im offenen System	75
Abb. 21:	Piktogramm (VI): Fließgleichgewicht im offenen System	76
Abb. 22:	Alternative Systemgleichgewichtszustände im offenen und geschlossenem System	82
Abb. 23:	Beobachtungsausschnitt u. Informationsqualität der relativen Beobachterposition	89
Abb. 24:	Entropie als relativer spezifischer Mangel an Informationsmenge	

	und Informationsgehalt	91
Abb. 25:	Piktogramme als Reflexionskarten für die Einschätzung entropischer Wirkungen des Systemhandelns in Arbeitsgruppen	104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Individuelle Beiträge zum Betriebssystem durch Partialinklusion der handelnden Akteure in diversen Systemarten	61
------------	--	----

1. Einleitung

Alle menschlichen Handlungen haben die Natur als Datum (das Gegebene, lat.) und müssten deshalb situativ kontextgebunden in ihr auch angelegt sein.¹ Beispielsweise in der betriebswirtschaftlichen Wahrnehmung der „natürlichen“, neben der „gesellschaftlichen Umwelt“ kommt das ansatzweise bereits zum Ausdruck.

Der physikalische natürliche Handlungsrahmen wird bei steigenden Anforderungen unter dem Eindruck zunehmender Umweltkrisen zusehends kleiner und gleichzeitig steigen die Herausforderungen. Aus epistemologischer Perspektive sind Erklärungen von Naturgesetzen falsifizierbar. Aber unstrittig erkannte Naturgesetze für das Handeln zu missachten oder zu negieren ist aus logisch rationaler Perspektive nicht ratsam.

Menschliche Handlungen, wie ökonomische Entscheidungen, müssen auf die Inhalte thermodynamischer Gesetze aus der Physik Rücksicht nehmen, um die Wirkungsmächtigkeit des eigenen Handelns zu erhalten.

Beim Versuch, Komplexes einfach darzustellen führt dies gerade im Zusammenhang der Entropie-Thematik des 2. Hauptsatzes (HS) der Thermodynamik aber auch zu Missverständnissen. Beispielsweise erfährt Entropie eine Wertung als „Unordnung“ i.S.v. Unaufgeräumtheit, statt als Qualität einer Umwandlung, die den Festlegungsgrad für das handelnde System erhöht. Der Systembeobachter als Empfänger dekodiert das Informationssignal in diesem Fall dann anders als es vom Systemsender kodiert und beabsichtigt war.

Wie können wir im Einklang mit den Naturgesetzen systemrelevante Wirkungen unseres Handelns abschätzen? Mit den Mitteln der Illustration ergibt sich die Möglichkeit die Wirkungsanalyse von Handlungen analytisch und komplexitätsbewältigend zu unterstützen, bevor sie ergriffen werden. Im Rahmen der Illustration fallen zusätzlich basale Entwürfe für Piktogramme an. Abbildungen, die Elementares zum Ausdruck bringen, erleichtern den Zugang zu abstrakter Thematik, indem sie durch Vereinfachung Strukturen, wie Zustände, verdeutlichen. Ziel des Beitrags ist die Entwicklung und Erschließung

¹ Vgl. Feynman/Leighton/Sands (2007), Rifkin (1982), Ostwald (1912)

von Abbildungen zur Thematik der Entropie, die für eine betriebliche Nutzung im ökonomischen Kontext relevant ist.

2. Handlungen im Systemraum

2.1 Handlung, System und Entropie

Eine Handlung ist ein aktiver Denkvorgang, eine Entscheidung, eine i.S. der Anwendung von Ideen ausführende Tätigkeit oder eine unbeabsichtigte Tätigkeit als plötzliches Geschehen. In jedem Fall geht jede Handlungsform von einem Systemträger aus, dessen Systemstruktur den zugrundeliegenden Bezugspunkt der Handlung bildet.

Unter einem System versteht sich eine Gesamtheit von Elementen, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen.² Das System selbst ist wiederum in ein Umfeldsystem gestellt.

Jede Handlung hat somit eine Systembasis und sie erfordert Energie. Die Ressource „Energie“ ist ein zentrales Mittel zur Realisierung einer Handlung.

Der 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik besagen, dass Energie nicht gebildet und vernichtet werden kann, die Energie in einem geschlossenen System konstant ist und die Energietransformation eine bestimmte Richtung einnimmt.³

Den zentralen Rahmen für die Analyse von Handlungen bilden die Bedingungen der Energietransformation.

Jede Form von Systemveränderung durch Handlungen ist an die thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten gebunden, denn sie bestimmen die Handlungsmöglichkeiten im System.

Die Entropie als Qualitätsmaß der Energieumwandlung gibt Auskunft über die gegenwärtige Handlungswirkung und die zukünftige Handlungsmöglichkeit im System. Über Handlungswirkung und Handlungsmöglichkeit im Systemrahmen gehen die folgenden Überlegungen.

² Vgl. Ulrich (1968), S. 105

³ Vgl. Krcal (2020)

2.2 Handlung, Wärme und Arbeit

Alle Systemhandlungen transformieren Energie und unterliegen deshalb der Entropie. Energietransformation heißt, die Wärme steigt oder fällt (die Möglichkeit zu einem Rückgang besteht allerdings nur bei einem offenen System) und/oder die Wärme wird in Arbeit verwandelt und vice versa. Im Rahmen der Energietransformation betrifft die *Entropie* das Verhältnis einer Änderung der Wärmemenge zur Temperatur.

Die Entropie S entspricht damit dem Verhältnis $\frac{dQ}{T}$ ($S = \frac{dQ}{T}$).

Der lokale Vorgang der Diffusion Wärme zu Kälte (dQ), der bei der Umwandlung in Arbeit passiert, steht im Verhältnis zu der gesamten übrigen Zustandsqualität der Systemstruktur, der Temperatur T . In einem geschlossenen System, d.h. es gibt keinen Austausch mit dem Umfeldsystem, liegt entweder eine Entropiezunahme ($dS > 0$) oder eine konstante Entropie ($dS = 0$) vor (siehe Abb.1). Eine Möglichkeit zu einer abnehmenden Entropie ($dS < 0$) gibt es im geschlossenen System nicht. Konstante Entropie ($dS = 0$) besagt, dass es zu keiner Änderung der Wärmemenge ($dQ = 0$) im Verhältnis zur Temperatur (T) kommt. Bei der Entropiezunahme ($dS > 0$) steigt die Wärmemenge im Verhältnis zur Temperatur des Systems.

Mit einer Systemhandlung nimmt die Entropie im System zu oder in anderen Worten eine Systemhandlung hat eine entropische Wirkung. Die konstante Entropie hingegen indiziert das Fehlen einer Systemhandlung, da ohne Handlung kein Ressourcenverbrauch besteht. Anders ausgedrückt: Jedes geschlossene System das handelt hat eine zunehmende Entropie und eine konstante Entropie, wenn es nicht handelt.

2.3 Handlung, Raum und Zeit

Handlungen als Geschehnisse, sind immer auf Raum und Zeit bezogen. Der *Raum* setzt dem Geschehen eines Handlungsinhaltes eine Systemstruktur, also einen Ordnungsrahmen, der für diese Handlung eine situative und kontextuale Bewertung zulässt. In seiner Gesamtheit verkörpert der Systemraum den situativen und inhaltlichen, identitätsstiftenden Sinnzusammenhang der Handlung.

Mit jeder Handlung im Systemraum passiert ein Ressourcengebrauch, der zugleich häufig ein Ressourcenverbrauch ist. Ressourcen sind alle Arten von Mitteln zur Zielerreichung und Bedarfsdeckung, die existent, also vorhanden, und damit potenziell einsetzbar oder bereits zum Einsatz gekommen sind. Ohne Ressourcen kann keine Handlung stattfinden. Die Handlung verbraucht Ressourcen, sie ist jedoch nicht die Ressource selbst. Damit drängt sich die Notwendigkeit zur Reflexion über die Art der Nutzung auf. Je nachdem, ob es sich bei einer Handlung um ein absichtsvolles, zielgerichtetes Geschehen oder ein unbeabsichtigtes, zielloses Geschehen handelt, fällt die Bewertung der Ressourcennutzung unterschiedlich aus.

Die Handlung entfaltet ihre Wirkung in der *Zeit*, in ihrem „Geschehen“. Betrachten wir den Raum- und Zeitbezug einer Handlung deshalb näher. Eine Handlung ist ein (System)raum einnehmendes, Zeit und andere Ressourcen verbrauchendes Ereignis, wie Abb.1 zeigt. Aus Vereinfachungsgründen wurde als Darstellung des Systemraums ein zwei dimensionales Rechteck gewählt.

Handlung, Zeit und Energie fallen für das System strukturell zu einer handlungsbezogenen Transformationseinheit zusammen, die hier mit „Transformationseinheit der Systemhandlung (T_i)“, wobei $i = 0, \dots, n$, bezeichnet wird. Sie beschreibt eine Handlung H , die Ressourcen (Energie) nutzt und dabei zum Zeitpunkt t_i Zeit belegt.

Nach der Planimetrie, die sich mit metrischen Eigenschaften zweidimensionaler Grundformen beschäftigt, ist die Darstellung von Strecken in unserem Beispiel, wie folgt möglich: Streckenabschnitte stehen für die Handlungsmöglichkeit des Systemraums.

Das Streckenverhältnis von T_0 , der Zeitpunkt zu dem noch keine Systemhandlung bzw. Ressourcenverbrauch erfolgt ist, zu T_n , der Zeitpunkt zu dem die endgültig letzte Systemhandlung des Systemraums erfolgt ist und alle Ressourcen festgelegt sind, ist größer als das Streckenverhältnis von T_1 , der Zeitpunkt zu dem die erste Systemhandlung erfolgt ist, zu T_n , der Zeitpunkt zu dem die endgültig letzte Systemhandlung des Systemraums erfolgt ist:

$$\frac{\overline{T_0 T_n}}{\overline{T_0 T_n}} > \frac{\overline{T_1 T_n}}{\overline{T_0 T_n}} > \frac{\overline{T_2 T_n}}{\overline{T_0 T_n}} > [\dots] > \frac{\overline{T_{11} T_n}}{\overline{T_0 T_n}} > \frac{\overline{T_n}}{\overline{T_0 T_n}}$$

Bei einer erstmaligen Systemhandlung (T_1) ist der für weitere Einzelhandlungen benötigte Energievorrat größer als im Streckenpunkt T_n , dem Endpunkt, wo für das System keine Handlung mehr möglich ist, da alle Systemressourcen festgelegt sind.

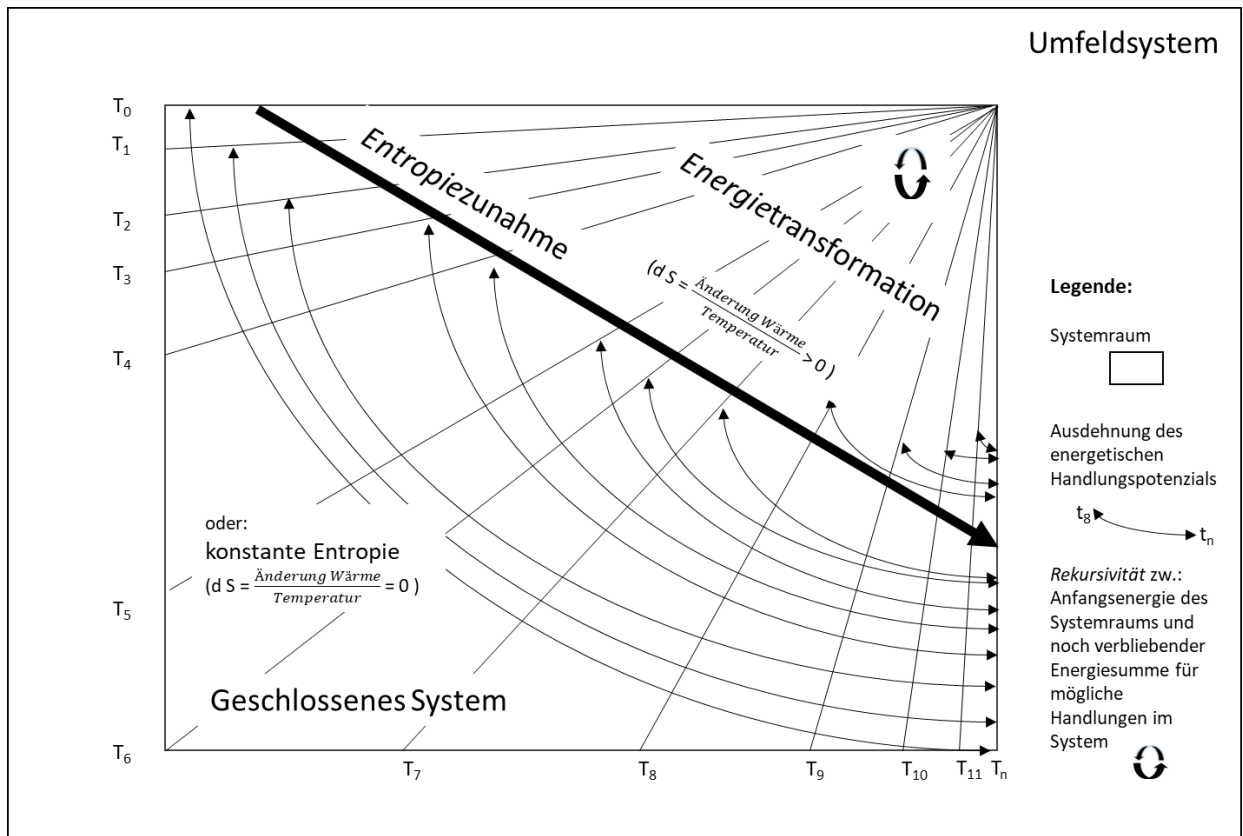


Abb.1: Variierender Handlungsraum durch Entropie im geschlossenen System

Die Form des Systemraums ist im vorliegenden Beispiel ein Rechteck, da es sich didaktisch aus Vereinfachungsgründen als Abbild eines Systemraums eignet. Aber es lässt sich auch jede andere Form räumlicher Erstreckung, symmetrischer oder asymmetrischer Art als Strukturbasis denken. Eine Systemstruktur, dem Verständnis nach „eine Gesamtheit von Elementen“, ist keine verbindlich vorgeschriebene bestimmte geometrische Ausdrucksform. Mit der Reflexion über konkrete Systemarten kann sich dies jedoch entsprechend ändern.

Abb. 2 „Abnahme kontingenter Handlungsmöglichkeiten durch Entropiezunahme im geschlossenen System“ beschreibt den möglichen Energietransformationsprozess von

seinem Anfang bis zu seinem Abschluss im Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts.⁴ „Möglich“ deshalb, weil ein Pfadverlauf aufgeführt ist, der auch anders hätte verlaufen sein können.

Zeit und räumliche Erstreckung der Handlungswirkung fallen zusammen. Aus Vereinfachungsgründen wechselt die Darstellung jetzt von einem Streckenbezug (T_0) zu einer zeitpunktbezogenen Betrachtung (t_0), was sich in der geänderten Notation zeigt.

Im Zeitpunkt t_0 ist der energetische Handlungsrahmen noch ungenutzt; keinerlei Handlung wurde ergriffen. Die Erstreckung der Handlungsmöglichkeit ist für das System maximal, d.h. das Handlungspotenzial ist noch ungenutzt. Die Handlungsmöglichkeit bezieht sich auf den gesamten Systemraum. Da das System in t_0 noch keine Handlung ergriffen hat ist der Zustand geordnet und die Entropie konstant.

Mit der Handlung in t_1 startet der Prozess struktureller Festlegungen; der Raum potenzieller Handlungen beginnt kleiner zu werden. Das bedeutet konkret auf Grundlage des allgemeinen Entropieverständnisses:⁵ Die Richtung der Energieumwandlung manifestiert sich zunehmend. Mit jeder Handlung geht im Systemraum Wärme vom wärmeren Teil zum kälteren Teil der Systemstruktur über (t_1 bis t_4 in Abb.2).

Der Grad der Unumkehrbarkeit (Irreversibilität) der Wandlung steigert sich, d.h. es würde immer mehr Energie von außen für die Umkehrung von als nicht wünschenswert erachteten Handlungswirkungen notwendig. Da aber extern zugeführte Energie wegen der Systemgeschlossenheit nicht zur Verfügung steht, wächst die Irreversibilität des Wandlungsprozesses weiter.

Mit anderen Worten der Festlegungsgrad der Systemordnung nimmt zu und in Umkehrung nehmen die Handlungsmöglichkeiten ab. Der Umfang an nutzbarer Energie verringert sich für das geschlossene System.

Nutzbare Differenzen (Unterschiede) für das geschlossene System bestehen weniger, weil der Abstand zwischen dem Niveau potenzieller Handlungsmöglichkeiten und der Summe bereits realisierter Handlungen kleiner wird.

⁴ Siehe dazu auch die Ausführungen zum thermodynamischen Gleichgewicht in Kapitel 5.1.

⁵ Vgl. Krcal (2020)

In t_{11} ist der Handlungsrahmen des geschlossenen Systems bereits fast vollständig festgelegt. Es verbleiben nicht mehr viele Handlungsoptionen bis zur vollständigen Erstarung des Systems im Zustand des „thermodynamischen Gleichgewichts“ (siehe Kapitel 5.1) in t_n , der das Ende jeglicher Energietransformation im System markiert, deshalb keine weiteren Handlungen mehr zulässt indem maximale Entropie herrscht. Wenn alle nutzbaren Differenzen aufgehoben sind, ist der Systemzustand maximal ungeordnet.

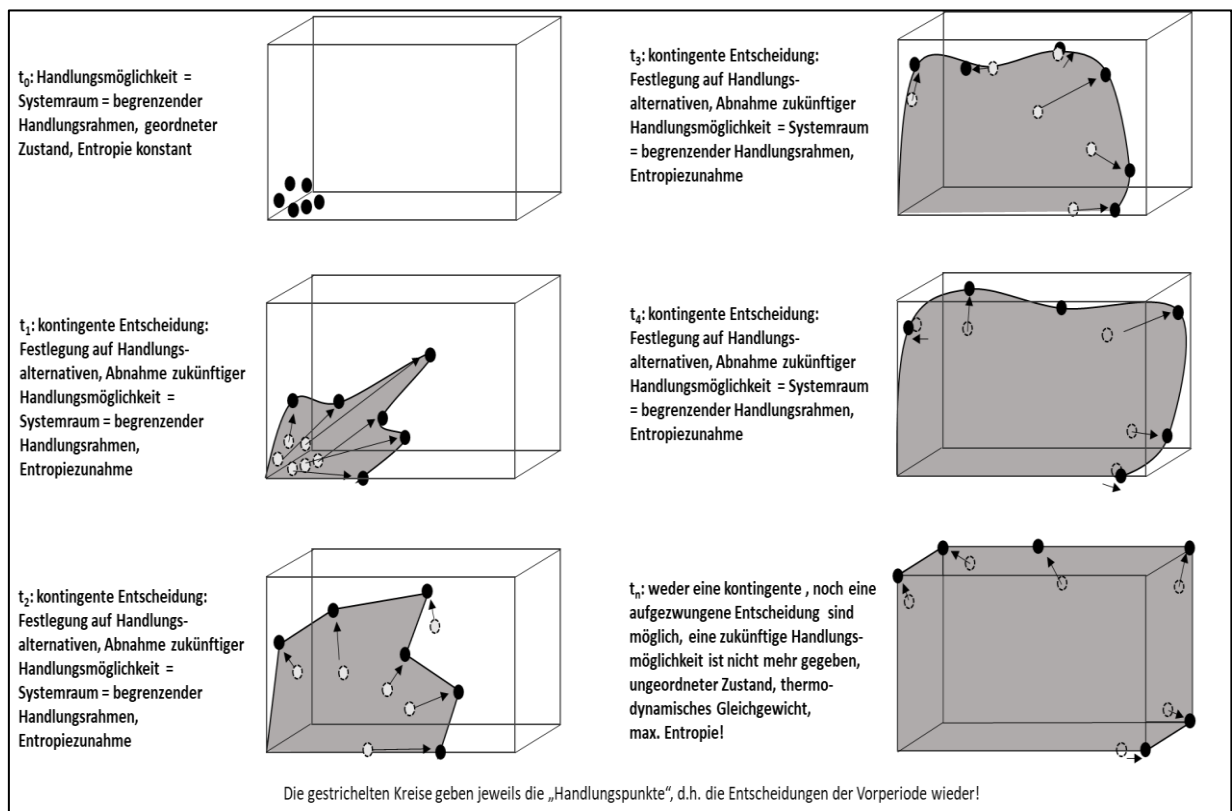


Abb.2: Abnahme kontingenter Handlungsmöglichkeiten durch Entropiezunahme im geschlossenen System

Die „kontingente Entscheidung“ besagt (siehe Abb. 2), dass die durch eine Handlung verursachte Anordnung von Systemelementen im Raum in eine bestimmte Anordnung hineinwächst, aber genauso gut in eine andere Form der Festlegung hätte geraten können. Ein angenommener möglicher Festlegungsweg ist in Abb.2 über die Stationen t_1 bis t_4 illustriert.

Eine Konsequenz der Entropiezunahme im geschlossenen Systemraum ist die Aufforderung zur Optimierung des systemischen Ressourceneinsatzes, der seine Wirkungen und Endlichkeit reflektiert.

3. Handlung und entropisch orientiertes Ressourcenmanagement im System

3.1 Eigenschaften von Ressourcenarten als Ursachen entropischer Rekursivität

Die Durchführung, aber auch die Unterlassung einer Handlung hat eine strukturelle Rückwirkung für das handelnde System. Diese Eigenschaft der Rekursivität, die u.a. den Systemerhalt fördert, orientiert sich zunächst an den bestehenden, d.h. den dem System zur Verfügung stehenden Ressourcen und den Regeln im Umgang mit denselben. Zusammen bilden Regeln und Ressourcen die Systemstruktur aus.⁶ Die Entropiezunahme für das geschlossene System entsteht, wenn die bestehenden Ressourcen und Regeln konkrete zukünftige *Handlungsalternativen* reduzieren und *Handlungsmöglichkeiten* für das System auch nicht mehr denkbar, also kontingent sind.

Handlungsmöglichkeit und Handlungsalternative der Betriebe

Aus Veranschaulichungsgründen soll im Folgenden der „Betrieb“, also Haushalt oder Unternehmen, den Systembezug darstellen. Das Unternehmen beispielweise ist ein System und handelt als solches.

Die *Handlungsalternative* bedeutet für das System die Auswahl einer Handlung (Entscheidung) aus dem Raum bestehender Handlungen, d.h. die Handlung bezieht sich auf Konkretes, Wirkliches. Die Eröffnung zu einem tatsächlichen Geschehen ist gegeben.

Die *Handlungsmöglichkeit* oder das Handlungspotenzial hingegen bedeutet für das System einen Rückgriff auf die reale Substanz und Struktur einer Handlung, die aber nicht wirklich ist. Erst bei einem teleologischen Wirken erwächst aus dem Kontingenten die situative Konkretisierung des Realen zum Wirklichen.

Für die Optimierung des betrieblichen Ressourceneinsatzes ergibt sich mit der Analyse der Handlungen die Auskunft darüber, was gemacht wird und über dasjenige was hätte gemacht werden können.

⁶ Vgl. Giddens (1997), S. 45. Regeln (Verhaltensorientierungen) und Ressourcen (Mittel) dienen auch dem Erhalt physikalischer Systeme. Sie sind keine Alleinstellungsmerkmale gesellschaftlicher, institutioneller und sozialer Systeme.

Handlung und Ressourcenart

Die Verringerung oder Vergrößerung des Handlungsrahmens, sprich der Handlungsmöglichkeit eines Systems, ist auch an die Ressourcenbeschaffenheit gebunden. Es kommt auf die Ressourcenart an, die mit einer Handlung ge- bzw. verbraucht wird, um Aussagen über die Handlungsmöglichkeit machen zu können.

So ist Energie vordergründig leicht als „materielle“ Ressource, etwa als Betriebsstoff, in eine Nomenklatur der Produktionsfaktoren einzuordnen. Die Energie einer menschlichen Handlung hingegen ist etwas ganz Anderes; hier steht eben der immaterielle Aspekt der Ressource im Vordergrund, der sich exemplarisch ausdrückt in einer überdurchschnittlichen Arbeitsleistung des Mitarbeiters.

Die Ausgangsfrage für ein geschlossenes System aus entropischer Perspektive ist, verhindert eine Handlung, die materielle Ressourcen verbraucht, zukünftige Handlungsmöglichkeiten? Bei der Beantwortung bietet sich ein differenziertes Bild, je nachdem welche Ressourcenart und Nutzung betroffen ist.

Bei *materiellen* Ressourcen zu unterscheiden sind:

- a) Nutzungen, wie Investitionen in Infrastruktur, die Handlungen ermöglichen.
- b) Nutzungen, die andere Handlungen substituieren, verdrängen und unterbinden und damit situativ unterschiedlich Handlungsmöglichkeiten reduzieren, aber auch erhöhen können.
- c) Einmalige Nutzungen, gebunden in nicht lebensnotwendigen Verbrauchsgütern, die tendenziell zukünftige Handlungsmöglichkeiten verringern.

Bei *immateriellen* Ressourcen bestehen:

- a) Ideen, Gedanken, Reflektionen, die Handlungen ermöglichen (z.B. zum sparsamen Umgang mit Ressourcen). Einige Ideen erzeugen wiederum (Anschluss-)Ideen, die zum Erhalt, Prüfung, Verwerfung und Anwendung von Ideen anregen (Reflexion höherer Ordnung) usw.

- b) Ideen, Gedanken, Reflektionen, die den Systemerhalt blockieren, zerstören oder das Nachdenken darüber gefährden.
- c) Rechte, wie z.B. ein Patent, die Handlungen unterbinden (nämlich diejenigen der potenziellen Imitatoren) oder exklusiv Handlungen des Patenthalters fördern.

Denken als eine eigenständige menschliche Handlung verbraucht Ressourcen, denn das Reflexionssystem hat über die Partialinklusion (siehe dazu unten Kapitel 5.2.1) ein biologisch lebendes System als Systemträger (eine Systemart als Voraussetzung für eine andere Systemart).

Ein „Systemträger“ soll terminologisch eine von außen Ressourcen beziehende Systemstruktur in Partialinklusion sein, ohne die nicht mindestens ein weiteres System existieren kann, z.B. ein biologisches System für ein reflektierendes System.

Der „Gedanke“ als Ergebnis der Handlung des „Denkens“ ist für das geschlossene reflektierende System entropieneutral (d.h. die Entropie ist konstant). Die Handlung des Denkens hingegen führt zur Entropiezunahme für das biologische System.

Handlung, Ressourcenausstattung und Systemoffenheit

Solange Systemoffenheit besteht und aus dem Umfeldsystem Ressourcen zugeführt werden können, solange sind Handlungsmöglichkeiten für das System gegeben.⁷ Das ändert sich erst, wenn entweder das System sich abschließt und/oder das Umfeldsystem selbst über keinerlei Ressourcen mehr verfügt, die das System nutzen könnte.

Systemraum

Für den Systemraum als Ganzes gilt im Hinblick auf seine Handlungen unter Nutzung der dafür erforderlichen Ressourcen, dass eine Betrachtung der Verhältnisse ökonomischer und entropischer Qualität von „Handlungen“ grundsätzlich erforderlich ist, wenn

⁷ Vgl. Krcal (2023)

der Umweltschonung und damit auch den Lebensgrundlagen menschlicher Existenz Rechnung getragen werden soll.⁸

Bei begrenzter Ressourcenausstattung des Systems, und das ist der Regelfall, gilt es, bevor sie tatsächlich ergriffen werden, die Handlungsalternativen und ihre irreversiblen Wirkungen, wenn möglich umfassend abzuwägen.

Auch die Ressourcen im Umfeldsystem sind, wie bereits betont, begrenzt. Die Knappheitsqualität der Ressourcen begründet bekannter Weise die Notwendigkeit des Wirtschaftens. Wenn die naturgemäße Knappheit der Ressourcen an sich durch die Abgeschlossenheit für das System intensiver ausfällt als notwendig, verringern sich seine Handlungsmöglichkeiten zusätzlich weiter.

Mit dem Geschlossenheitsgrad des Systems steigen die Konsequenzen aus der Knappheit der Ressourcen.

Im Rahmen des betrieblichen Ressourcenmanagements geht es daher um den Erhalt der Handlungsmöglichkeiten.

3.2 Verhältnisse ökonomischer und entropischer Qualitäten

Der Vergleich lebt von der Möglichkeit zur Bildung von Verhältnissen, eine Größe in Relation zu einer anderen Größe. Die institutionellen Strukturen oder Funktionsbereiche, die derartige Vergleiche durchführen, bereiten „Herrschaftswissen“ für Instanzen vor.

Relative Abwägungen zur Ressourcennutzung sind in zahlreichen Beiträgen der BWL vorhanden. Zu den betriebswirtschaftlichen Kernaktivitäten zählen die Strategische Planung und das Strategische Management, die das umsichtige Abwägen von Handlungsalternativen bzw. Handlungsfolgen unter Einschätzung zukünftiger Ereignisse, vorsehen. Die Kenntnis von Verhältnissen ist für eine effiziente Ressourceneinsatzsteuerung durch die Führungsebene von zentraler Bedeutung.

In der Strategischen Planung bzw. dem Strategischen Management ist für die Bewertung von langfristigen Handlungsalternativen zur Aufrechterhaltung des betrieblichen Handlungsspielraums die Abschätzung des Verhältnisses aus „Ökonomischen Vorteil

⁸ Vgl. Krcal (2023)

zu Nachteil“ und des Verhältnisses aus „Entropischen Vorteil zu Nachteil“, elementar.⁹ Eine solche Abwägung lässt sich vornehmen für erstmalige Einzelhandlungen, wiederholte Handlungen (Routinen) und neue Handlungen (Innovationen).

Die Berücksichtigung der Entropiezunahme in „geschlossenen Systemräumen“ bei begrenzter Ressourcenlage, findet prinzipiell bei der „Szenariotechnik“ Berücksichtigung, wo Handlungsfolgen, situative Kontexte von Branchen, Märkten und gesellschaftspolitische Entwicklungen im Einklang mit den eigenen Handlungsmöglichkeiten im Rahmen kurzfristig gegebener Ressourcenbestände, abgeschätzt werden.

Die Betriebswirtschaftslehre thematisiert an vielen Stellen den Umgang mit Ressourcen, da für alles Ökonomische der Umgang mit knappen Ressourcen zentral ist. Hinzu kommen die zahlreichen praktischen Anwendungsfelder für ein Ressourcenmanagement in Produktentwicklung, Materialwirtschaft, Produktion und Vertrieb usw. Vor allem aber in den Ideen darüber, wie der optimale Umgang mit knappen Ressourcen zu leisten ist, spiegelt sich facettenreich die Rolle der Ressourcen als Mittel und Ziel von Handlungen, wider. Über die Art und Wertigkeit der Ressourcennutzung äußert sich beispielsweise das Wirtschaftlichkeitsprinzip, der ressourcenorientierte Ansatz (RBV) oder der kompetenzorientierte Ansatz. Zu den Erfolgspotenzial generierenden Merkmalen des „Resource-Based-View (RBV)“ zählen die „Wertstiftung am Markt“, die „Nicht-Imitierbarkeit“, die „Spezifität“ (Knappheit) und die „Nicht-Substituierbarkeit“ der Ressource. Wie sich diese Erfolgspotenzial generierenden Orientierungen des RBV auf die entropischen Wirkungen einer „Handlung“ beziehen lassen, ist hier nicht Gegenstand der Untersuchung. Aber der RBV zeigt, dass Wirkungen von Ressourcennutzungen schon lange zumindest ökonomische Beachtung finden.

Die Abhängigkeit des Systems Unternehmen/Organisation von den Ressourcen seines Umfeldsystems thematisiert das „Ressourcenabhängigkeitstheorem“. Es beschreibt die

⁹ Siehe dazu Krcal (2023)

Abhängigkeit einer offenen Systemorganisation.¹⁰ Das Bewusstsein für die Abhängigkeit von externen Ressourcen verdeutlicht zu haben ist ein Verdienst des Theorems. Daneben stehen Empfehlungen für Maßnahmen, die einer Abhängigkeit entgegenwirken sollen. Neben einer „Variation der Lieferantenzahl“ als Maßnahme werden „kooperative Netzwerke“ empfohlen, in denen „Gegengeschäfte“ eine einseitige Ressourcenabhängigkeit mildern sollen. Mit „Gegengeschäften“ erfolgt eine Systemöffnung, deren Voraussetzung die Abwägung des eigenen Ressourcenbedarfs ist. Gegengeschäfte sind Bestandteil einer verbesserten Planungssicherheit, was Ressourcen einsparen hilft, denn sie können Such- und Zwischentransaktionen vermeiden. Die Systemöffnung jedenfalls eröffnet die Chance zum Export von Entropie und zum Aufbau von Negentropie, d.h. negativer Entropie.¹¹

Die Maßnahme der „Bestandsbildung“ bedingt unmittelbare Verfügbarkeit von Ressourcen für das System, kann aber die Entropiezunahme nicht verhindern, denn Bestandsbildung verdrängt unmittelbare alternative Nutzungen und die Schonung von Ressourcen, die Chancen für Prozess- und Produktinnovationen eröffnen würden. Die zeitliche Verlagerung der Ressourcenverknappung „verschiebt“ die Systemnotlage lediglich und zwingt nicht zu unmittelbarem Umdenken in der Ressourcennutzung. Die „trägerische“ Sicherheit der Bestandsbildung verführt die Systemdisposition zu einer nicht nachhaltigen Ressourcennutzung, was die Entropie ansteigen lässt (Systemraumerweiterung und Zeitaspekt). Letztlich überzeugen die Maßnahmen zur Veränderung der Abhängigkeit entropisch nicht.

Instrumente und Theorien des Strategischen Managements drehen sich häufig um den Entscheidungsbezug, die Wahlentscheidung und die Wirkung eines Ressourceneinsatzes. Was muss die betriebliche Perspektive im Umgang mit Ressourcen in ihrer Wahrnehmung ändern, wenn die traditionellen ressourcenbezogenen Ansatzpunkte nicht überzeugen? Die nachstehenden Überlegungen nehmen dazu Stellung.

¹⁰ Vgl. Pfeffer/Salancik (1978)

¹¹ Zur „Negentropie“ siehe Krcal (2020), S. 12f.

3.3 Empfehlungen für ein betriebliches Ressourcenmanagement

Anforderungen für geschlossene und offene Systeme

Der Umgang mit betrieblichen Ressourcen muss einigen Standards Rechnung tragen. In der Binnenperspektive betreibt vor dem Hintergrund der begrenzten Ressourcenausstattung des Systems die betriebliche Ressourcenanalyse zunächst die Identifikation der Ressourcen hinsichtlich der benötigten Menge (Quantität) und ihrer aktuellen Bestandsreichweite. Aber es stellt sich auch die Frage, ob die Ressourcenbeschaffungen den Anforderungen (Qualität) genügen. Hinzu kommt als Aufgabe die Entwicklung und Pflege von Ressourcen zum Erhalt der Ressourcenqualität. Zuvor sind allerdings die Nutzungsziele der Ressourcen hinsichtlich Einsatzzweck und –grund zu klären.

Bei Systemoffenheit kommt die ökonomische Erfassung der Knappheit als weitere Konsequenz für das Ressourcenmanagement hinzu. Bei dem Ressourcenverzehr einer begrenzten Menge mit Zeitbezug ist die Klärung der Wertigkeit der Ressourcen vielschichtig. In der Einschätzung des Ressourcenpreises ist nicht nur der gegenwärtige, sondern auch der intertemporale Ressourcenverbrauch, zu beachten.

Hinzu kommt, soweit absehbar, die Berücksichtigung zukünftiger Entsorgungskosten. In der ökonomischen Bewertung spiegelt sich potentiell wieder der Anschaffungswert (vornehmliche Summe der aufgewendeten Anschaffungskosten neuer Ressourcen), der Verkaufswert (Veräußerungspreis veredelter Ressourcen), der Wiederbeschaffungswert (aus Perspektive der Kosten und Leistungsrechnung) von Ressourcen, der die Anschaffungskosten in der Zukunft widerspiegelt oder der Zeitwert (bei gebrauchten Ressourcen aus Perspektive der Bilanzierung), der dem Tageswert zu einem Zeitpunkt entspricht, je nachdem, welche Ressourcenqualität der Bewertung zugrunde gelegt ist.

Schließlich folgen als eigenständige Aufgabenfelder für das Ressourcenmanagement nach der ökonomischen Bewertung die externe Suche nach den benötigten Ressourcenarten und deren Beschaffung.

Die beschriebenen Aufgaben bedingen sich gegenseitig und werden nicht streng linear, sondern simultan-erratisch bewältigt. Zu einem nachhaltigen Ressourcenmanagement

gehören auch Überlegungen zur thermodynamisch/entropischen Wirkung einer Ressourcennutzung, wie die nachfolgend aufgeführten.¹²

Entropische relevante Fragestellungen der Ressourcennutzung

Aus entropischer Perspektive ist, da mit jeder Ressourcennutzung ein höherer Energieaufwand und Festlegungsgrad für das System einhergeht, ein „mehr an Ressourcen“ pro Handlung schlechter als ein „weniger an Ressourcen“ pro Handlung. Dieser Zusammenhang gilt zunächst, unabhängig davon, welche Ressourcenart durch das System zum Einsatz kommt. Denn auch die Erzeugung der immateriellen Ressource „Idee, Know-how“ erfordert Energie, folgerichtig ist zwischen der Systemart „Biosystem“ als Basisträger besser Systemträger und der Systemart „psychisches System“ zu unterscheiden.

In der analytischen Bewertung von „Handlungen“ sind daher das Verhältnis von „mehr Ressourcen“ zu „weniger Ressourcen“ und die Ressourcenart zu beachtende Orientierungsgrößen. Das zeigt sich exemplarisch in der Berücksichtigung von Verhältnissen, die die Erzeugung von mehr „Ideen“, auf einen gleichzeitigen geringeren Einsatz materieller Ressourcen beziehen.¹³

Auch macht es für die Analyse einen Unterschied, wofür die mit einer Handlung verbundenen Ressourcen genutzt werden, für den unmittelbaren elementaren Systemerhalt, den Konsum des Systems, oder den zukünftigen Systemerhalt (Infrastruktur) (siehe oben, Kapitel 3.1). In der nachstehenden Betrachtung kommt diese Zwecksetzung ebenso zum Tragen, wie der Mengenverbrauch und die Art von Ressourcen.

Grundsätzliche Positionen im entropisch relevanten Ressourcenmanagement sind der *absolute Verzicht*, der *relative Verzicht* auf bestimmte Ressourcen und die *absolute Zunahme* bestimmter Ressourcen:

¹² Vgl. Krcal (2023)

¹³ Siehe z.B. die Bewertung von Routinehandlungen, vgl. Krcal (2023)

Der „absolute Verzicht“ auf bestimmte Ressourcen erhöht langfristig die „Handlungsmöglichkeiten“ für das System. Was auf den ersten Blick widersinnig erscheinen mag, ergibt sich vor dem Hintergrund eines begrenzten Ressourcenbestands des Systems aus der durch den Verzicht entstandenen flexiblen Verfügbarkeit von Ressourcenreserven für alternative Handlungsmöglichkeiten.

Bei der totalen Vermeidung einer bestimmten Ressource ist die Entropie des Systems c.p. konstant. In diesem Fall kommt es annahmegemäß zu keiner Handlung, die auf die bestimmte Ressource angewiesen ist. Bei einem reduzierten Einsatz bestimmter Ressourcen verlangsamt sich die Entropiezunahme des Systems.

Die Notwendigkeit bestimmter Ressourcen und die Möglichkeit zu ihrem Verzicht sind im Rahmen des Innovationsmanagements Dauerthemen.

Gilt die „Nicht-Substituierbarkeit“ für eine Ressource ist ihre Einsparungsmöglichkeit jedoch begrenzt und es besteht nur die Chance für einen relativen Verzicht (siehe unten). Die Eigenschaften der Nicht-Imitierbarkeit und Spezifität verstärken die Knappheit von Ressourcen, die weitere Einsparungen erforderlich macht.

Wie bereits erwähnt, erhöht ein Nutzungsverzicht auf eine einzelne bestimmte Ressourcenart im Bestand mitunter insgesamt die Handlungsflexibilität für das System. Hingegen die intensive Nutzung einer bestimmten Ressourcenart und damit einhergehend ihr tendenziell steigender Preis reduziert die Möglichkeit zur Nutzung anderer Ressourcenarten, da das noch frei verfügbare Budget für sie weniger wird. Der positive Effekt eines Ressourcenverzichts ist zunächst eine unmittelbare Kostenersparnis durch den verminderten Bedarf, aber auch die dadurch erreichte Vergrößerung der Zugriffsmöglichkeiten auf andere Ressourcen. Die Entscheidungsautonomie des Systems auf Basis vermehrter Handlungsalternativen erfährt eine Stärkung.

Bei einer rein ökonomischen Bewertung der Nutzung materieller Ressourcen entsteht bereits durch die Tatsache, dass ein Mehrbedarf an Ressourcen teurer ist als ein geringerer Bedarf, eine entropiesenkende Nebenwirkung der zurückgehenden Ressourcennachfrage.

Die Ressource „Geld bzw. Kapital“ selbst hat keine unmittelbare Wirkung auf die Entropie. Das ändert sich erst, wenn durch eine Geldeinheit eine Handlung mit materieller Ressourcennutzung aktiviert wird.

Der „*relative Verzicht*“ auf bestimmte Ressourcen zeigt sich erstens bei einer Substitution auf weniger knappe Ressourcen. Für das System bedeutet das eine verlangsamte Entropiezunahme, wenn weniger Ressourcen von der einen Art verbraucht, aber relativ mehr von der anderen Art, deren Bestandsvorrat für das System noch höher ist (bedeutet die relative Zunahme dieser anderen bestimmten Ressource). Bei einer Substitution gleich knapper Ressourcen greifen die Überlegungen zur absoluten Zunahme der Ressourcennutzung. Grundsatzfrage bleibt, ob die originäre Ressource notwendig oder die Substitution hinreichend für die Zielerfüllung ist.

Zweitens, ermöglicht die Leistungserstellung durch Dritte die Nutzung einer Spezialisierung in Form externer Skaleneffekte, die zu höherer Produktivität des Branchensystems führt. Sie ist Ausdruck einer Spezifität der Arbeitsteilung im Umfeldsystem. Das System muss also nicht alle Leistungen selbst erstellen, sondern kann die Vorteile der externen Arbeitsteilung für sich erschließen.

Eine derartige Ressourcensubstitution verbessert die entropische Situation für das System langfristig, weil durch den Verzicht auf bereits als erkennbar knapp eingestufte Ressourcen Handlungsmöglichkeiten erhalten bleiben. Allerdings wird bei hinreichendem Mengeneffekt der Ressourcensubstitution, der Marktwert, sprich der Preis der vermiedenen knappen Ressource tendenziell c. p. zurückgehen, was die Nachfrage nach dieser Ressource wieder ankurbelt. In diesem Fall verdrängt der ökonomische Vorteil den entropischen Vorteil der Substitution.

Bei einer „*absoluten Zunahme*“ bestimmter Ressourcen in der Nutzung, sowohl für systemnotwendigen Konsum (laufender Betrieb), für zukünftigen systemnotwendigen Konsum in Form von Investitionen in Infrastruktur, Bildung, Forschung etc. und für nicht systemnotwendigen Konsum, steigt die Entropie für das System (siehe Abb.3).

Der Sonderfall einer absoluten Zunahme der Ressourcennutzung, die zu einer verlangsamten oder gar konstanten Entropiezunahme führt, ist im Fall der immateriellen Ressourcenart gegeben. Je mehr „Ideen“, „Gedanken“, „Know-how“ usw. beispielsweise zur Ressourceneinsparung bestehen, umso stärker fällt die positive Bewertung in ökonomischer Hinsicht als Einsparung und in entropischer Hinsicht als Erhalt von Handlungsmöglichkeiten im Systemraum aus. Die Entwicklung von immateriellem Ressourcenverbrauch und Entropie für das System ist invers im Vergleich zur Rolle materieller Ressourcen.

Die Wertigkeit der Nutzung, also die normative Einschätzung, ob richtig oder falsch, führt zu einer Legitimation des Ressourceneinsatzes; sie macht aber entropisch gesehen keinen Unterschied: „Konsum“ ist wertneutral betrachtet der Verbrauch an Ressourcen der für den Systemerhalt existentiell ist, aber auch der Verbrauch, der gedankenlos, wahllos, unbeabsichtigt, aus Langeweile, Überdross oder Ignoranz passiert, weil es eben geht. Beides entsteht aus der Entscheidungsdisposition des Systems heraus. Die Unterscheidung, was als systemnotwendig gelten darf und was nicht, ist eine Fragestellung, die aufgrund der dynamischen Umweltkomplexität und variierender Interessen situativ unterschiedlich ausfällt.

Die beiden Handlungsoptionen nach der Wertigkeit des Wirtschaftlichkeitsprinzips, entweder Erzeugung des gleichen Outputs mit weniger Ressourcen (Minimum-Prinzip) oder Erzeugung eines möglichst großen Outputs bei gegebenen Ressourcen (Maximal-Prinzip) sind verantwortlich für eine, wenn auch verlangsamte, Entropiezunahme. In beiden Fällen werden gegenüber einer Nicht-Handlung absolut mehr Ressourcen verbraucht, aber pro Outputeinheit relativ gesehen gegenüber einer unwirtschaftlichen Handlung Ressourcen eingespart.

Eine bessere Handlungsleistung ist bei relativer materieller Ressourcenverringerung nur mit Stärkung der immateriellen Ressourcenspezifität erzielbar. Eine Systemhandlung mit mehr „Ideen“, z.B. zu Bescheidenheit, Wiederverwendung, weniger oft, verbesserten Produkten, usw. ist Voraussetzung zu absolutem Verzicht auf materielle Ressourcen.

Die „Idee“ als Ergebniszustand des Denkprozesses ist in der Lage, wie bereits erwähnt, Möglichkeiten zur Ressourcenschonung, -reduktion, wiederholter Nutzung und des – verzichts, zu formulieren. Die „Idee“ ist ressourcenneutral darstellbar, wenn zwischen den Systemarten „biologisches System“ und „produktiven System“ unterschieden wird. Der Denkprozess selbst verursacht eine Zunahme der Entropie des biologischen Systems und verlangsamte die Zunahme der Entropie bei der Ressourcennutzung im Rahmen eines produktiven Systems durch eine Idee z.B. zur Ressourceneinsparung.

<p>Zutreffend mit der Handlung</p> <p>„.....N.N.....“</p> <p>als Nutzungsqualität verbunden</p>		<p>Entropie im geschlossenen System*</p> <hr/> <p>* Kein Betrieb ist ein geschlossenes System. Das Problem ist aber die Geschlossenheit des globalen Wirtschaftssystems in der Endlichkeit der natürlichen Umwelt und ihrer Ressourcen, die einer Geschlossenheit gleichkommt.</p>			
		<i>Zunahme</i>	<i>Verlangsamte Zunahme</i>	<i>Konstanz</i>	<i>Abnahme</i>
Ressourcenum- gang	zutreffend				
Vermeidung	X (Beispiel)			<input checked="" type="checkbox"/>	
Reduktion			<input checked="" type="checkbox"/>		
Notwendige kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			
Notwendige langfristige Nutzung (Investition)			<input checked="" type="checkbox"/>		
Verschwenderische und/oder individuell nicht hinreichend notwendige, präferierte Nutzung		<input checked="" type="checkbox"/>			
Immaterielle (Ideen, Gedanken)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Substitution			<input checked="" type="checkbox"/>		
Maximum-Prinzip (Wirtschaftlichkeit)			<input checked="" type="checkbox"/>		
Minimum-Prinzip (Wirtschaftlichkeit)			<input checked="" type="checkbox"/>		

Abb. 3.: Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System

Letztlich besteht auch Potenzial zu handlungsleitenden Ideen des Verschwendens und des Zerstörerischen, die eine Entropiezunahme bewirken.

4. Technische Aspekte einer Analyse der Systementropie

4.1 Ikonographische Aufbereitung der Handlungswirkungen

In den bisherigen Untersuchungen wurden für die Erschließung des Themenkreises erste Abbildungen (Abb.1,2,3) eingesetzt. „Bildliche Zugänge“ spielen im medialen, digitalen gesellschaftlichen Alltag eine immer größere Rolle. Die bildliche Darstellung ist auch im wissenschaftlichen Kontext eine gängige Methode.¹⁴

Konkret verwendet der Beitrag „Systemorganigramme“, also Strukturbilder vom Wesen des Systems, unter der Entropieperspektive, die als bildlicher Kontext der Handlungsanalyse dienen sollen. Die Bewältigung thematischer Komplexität in einen konkreten operativen Handlungskontext ist das Ziel; das Verständnis für entropische Zusammenhänge des Systemhandelns soll wachsen.

Piktogramme als eine Variante bildlicher Darstellung

Eine besondere Form der Abbildung ist das Piktogramm. Otto Neurath, ein Vertreter des Wiener Kreises, gilt als Schöpfer der „Isotype“, einer Form des didaktischen Piktogramms. Das Akronym für *International System of Typographic Picture Education*, verbindet sich mit dem Anspruch Schriftsprache durch grafische Elemente, wo möglich, teilweise zu ersetzen, in jedem Fall aber, zu beleben. Über grafische Ausdrucksformen sind sprachliche Barrieren überwindbarer, wie Neurath mit der Aussage: „Worte trennen, Bilder verbinden“¹⁵, betont.

Visualität, Systematisierung und reduzierende Vorgehensweise spielen in diesem bildungspädagogischen Konzept zentrale Rollen.¹⁶

Das Piktogramm, lat. *pictum* für das „Bild“ und *gráphein*, griech. für „schreiben“, also „ein Bild schreiben“, ist ein bildliches Symbol, das auf die Komplexitätsreduktion in der Informationsvermittlung abzielt. Ein Piktogramm in der Informatik ist ein „Icon“ (griech. *Ikone* für Bildchen).

¹⁴ Vgl. Pichler/Ubl (2016)

¹⁵ Edmonds (2021), S. 81f.

¹⁶ Vgl. Groß (2015), S. 236ff

Piktogramme sind besondere erklärende Bilder, die jedoch auf kurze sprachliche Ergänzungen nicht verzichten.

Die thermodynamischen Fachbegriffe sind der abstrakten Sprache der Physik entlehnt; wenn Bilder tatsächlich unterschiedliche Kulturprägungen von Handlungsakteuren überbrücken, ist es den Versuch wert, kognitive Vereinfachungen für die Wahrnehmungen entropischer Wirkungen unseres Handelns, mittels graphischer Mittel zu bemühen.

Ikonographie oder Ikonologie?

In der Kunstgeschichte ist die *Ikonographie* (griech. Eikōn [εἰκόνα] Bild und gráphein [γράφω] „schreiben, zeichnen“) eine Methode, die sich mit der Motivlage, von Kunstwerken und Inhalten bildlicher Darstellungen, beschäftigt. Es geht um die „Erfassung, Beschreibung und Deutung der Bildgegenstände“¹⁷, also um das „Was“ und „Wie“ einer Darstellung.

In Abgrenzung dazu hat die *Ikonologie* mit dem Inhalt und der Symbolik der Bildgegenstände, deren Bedeutung zum Inhalt. Die ikonologische Unterscheidung hat sich erst im zeitlichen Verlauf eingebürgert und geht mit dem Erkunden der individuellen Kulturhintergründe und Gesamtbedeutung des Bildgegenstandes weit über das ältere ikonographische Verständnis hinaus.

In Anlehnung an das dreistufige Interpretationsmodell Erwin Panofskys (orig.1931) lässt sich zugespitzt formulieren, die Ikonographie beschreibt und analysiert den Gegenstand der Darstellung, die Ikonologie interpretiert ihn.¹⁸

An dieser Unterscheidung orientiert hat der vorliegende Beitrag ikonographische und ikonologische Berührungspunkte, denn mit den Erläuterungen zu den thermodynamischen Zusammenhängen von Handlungen (Was), der symbolischen Qualität grafischer Darstellungen in Kombination mit Zeichensystemen (Wie) und den Erklärungen im Verwendungskontext (Bedeutung) wird das weite Feld der Wirkungsanalyse von Handlungen abgedeckt.

¹⁷ o.V. (1991), S. 337.

¹⁸ Vgl. Panofsky (2006), S. 33,41,57

Der Beitrag leistet zugleich eine inhaltliche Bildbeschreibung (Ikonographie) und eine Klärung der Bildbedeutung (Ikonologie) im Theorienkontext des 2. HS der Thermodynamik. Jedoch eine kunsthistorische Debatte darüber, ob das Ikonologische im Ikonographischen bereits beheimatet ist oder nicht, will dieser Beitrag nicht führen, deswegen rekuriert der Titel des Beitrags ausschließlich auf das ursprüngliche „Ikonographische“.

Nutzen eines „entropisch-ökonomischen Piktogramms“

Für die Bewertung einer Handlung hinsichtlich ihrer thermodynamisch-entropischen Auswirkungen, ist vorstellbar, ähnlich wie bei der logistischen Kanban-Steuerung, „Karten mit Abbildungen“ einzusetzen.

Denkbar sind Verwendungen von Abbildungen im Fabrikleitsystem, Qualitäts- und Umweltschutzsystem usw. Aber auch als „Meilensteine“ in Projektmanagementsystemen könnten sie zum Einsatz kommen.

Auf der Vorderseite der Piktogramme werden in den folgenden Kapiteln diverse Themen im Zusammenhang mit der Entropiequalität von Systemhandlungen, thematisiert.

Auf der Rückseite der vom Beitrag eingeführten Piktogramme zur Erfassung thermodynamisch-entropischer Systemwirkungen von Handlungen erfüllt die Darstellung der Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System (siehe oben Abb. 3) eine zentrale Informationsfunktion. Der Zusammenhang einer konkreten Handlung mit ihrer Ressourcennutzungsqualität auf das Entropieverhalten des handelnden Systems wird deutlich. Die für eine konkrete Handlung zutreffenden Wirkungen lassen sich dann auf operativer Planungsebene fallweise bewerten.

Die Rückseite des „entropisch-ökonomischen Piktogramms“ besteht aus den Angaben zur Ressourcenlage, die mit einer bestimmten Handlung verbunden ist (siehe Abb. 3).


Ein „entropisch-ökonomisches Piktogramm“ sendet dem Handlungsakteur eine Aufforderung zu einem bestimmten, empfohlenen Ressourcenumgang, der in Zusammenhang steht mit seiner beabsichtigten Handlung und Informationen über die mit der Handlung verbundene entropische Wirkungsrichtung enthält.

Quantität und Qualität der für die Handlung benötigten Ressourcen sind aus Perspektive des Handelnden nicht im Sinne eines ökologischen Fußabdrucks, der einen hohen Aufwand der Erhebung nach sich ziehen würde, sondern im Sinne einer Selbstreflexion über das eigene Handeln, zu bewerten.

Im Zusammenhang einer bestimmten Handlung umreißen, unter der Perspektive entropischer Wirkungen, Vermeidung, Reduktion, Substitution, Nutzung¹⁹ und Zielsetzung des Ressourceneinsatzes die Einwirkungsmöglichkeiten, die zum nachhaltigen Umgang mit Ressourcen im individuellen Handlungskontext, bestehen. Es geht beim Einsatz der „Piktogramme“ um generelle, den Einzelfall übergreifende, entropisch wirksame Handlungsgebote, z.B. im Sinne von „Substituiere Ressourcen, soweit es in diesem Fall auch möglich ist!“.

Ein Piktogramm gilt grundsätzlich in Bezug auf die entropische Wirkung absolut, d.h. ein allgemein gültiger Zusammenhang ist angesprochen, der eben nicht relativistisch, allein bezogen auf den spezifischen Einzelfall zutrifft. Im Interesse ihrer Durchsetzung muss die vermittelte Botschaft, in unserem Fall die entropische Wirkung eines Ressourceneinsatzes, einfach gehalten sein.

Auch genügt eine reine Visualisierung des handlungsbezogenen Sachverhalts nicht. Ein sprachlicher, semantischer Kommentar (Zeichen, Zahlen, Sätze) ist flankierend erforderlich, um die Begrenzung von Mehrdeutigkeit in der Interpretation des visuellen Eindrucks zu erreichen.

Ein Hinweis zur Darstellung: der Beitrag wählt logische Symbole, wie die „oder“-Verknüpfung (\vee), das Negationszeichen (\neg), das Teilmengenzeichen (\subseteq) und das Penrose Dreieck, als  Zeichen der Unmöglichkeit eines Sachverhalts, zur Verdeutlichung der dargelegten Zusammenhänge.

4.2 Zustände und Wechselperspektiven auf die Entropie

Neben der bildlichen Darstellung bei der Analyse von Handlungen ist ein weiterer technischer Aspekt die Seinsqualität des „Zustands“. Entropie ist eine Zustandsfunktion des Systems; ohne Verständnis für das Wesen des „Zustands“ ist auch keine Erkenntnis des Entropischen möglich. Hinzu kommt, dass jede bildliche Darstellung eine Darstellung von Zuständen ist und selbst grafische Wiedergaben von Prozessen und Abläufen

¹⁹ „Wiederverwendung bzw. -verwertung“ wäre dabei einer Variante der „Nutzung“, die an dieser Stelle nicht weiter hinterfragt werden soll.

zeigen letztlich nur gleichsam „geronnene“ Momentausschnitte, die hintereinander angeordnet sind.

Zustandsqualität des Raums

Was ist ein „Zustand“? Die Beschaffenheit (Art und Weise) von etwas Körperlichen oder Gedanklichem zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Einzigartigkeit, das Situative, die Relation von Gegenstand, Person, Ort und Zeitpunkt kommt im Zustand zum Ausdruck. Eisler bringt das Wesen eines „Zustands“ mit den Worten auf den Punkt „...eine Bestimmtheit, die etwas eine gewisse Zeit hindurch annimmt“²⁰.

Der *Systemraum*, als die geometrische Fläche eines Systems, wurde bereits begrifflich eingeführt. Alternative Bezeichnungen, wie *Phasenraum* oder *Zustandsraum* stammen aus der Physik²¹ und bezeichnen die Menge möglicher Zustände im Systemraum.

Die Entropie in diesem Systemraum ist das Verhältnis des Vorgangs der Wärme-Diffusion in den Kältebereich hinein, was einen Prozess beschreibt, zur Systemtemperatur, die einen Zustand repräsentiert. Aus Systemperspektive steht damit der Prozess im Verhältnis zum Zustand.

Als Ausschnitte der Systembeobachtung bieten sich an der *Mikro-* und der *Makrozustand*, über die, unterschiedliche Qualitäten des Systemraums, feststellbar sind.

Im vorliegenden Beispiel ist das ganze System in dem „*Makrozustand*“ eines Rechtecks abgebildet (siehe beispielsweise die Abb. 1, 2, 4 und 5). Dieser aus der Thermodynamik und statistischen Physik entlehnte Begriff des Makrozustands beschreibt ein System mittels Zustandsvariablen, z.B. der Temperatur T aus gemittelten Werten. Entropie ist ein „makroskopisches Maß für eine Eigenschaft, die die Nutzbarkeit von Energie begrenzt“.²²

²⁰ Eisler (1913), S. 792

²¹ Vgl. Mainzer (2008), S. 123

²² Titz [Zugriff: 3.5.2024]

Makroskopisch heißt so viel, wie „groß betrachtet“, in der Physik bedeutet das konkret aus Perspektive statistischer Größen heraus, beispielsweise mit Bezug auf einen Durchschnittswert Etwas wahrzunehmen. Der Systemraum hat mit der Entropie also ein makroskopisches Maß, d.h. einen Durchschnittswert als Zustand.

Ein Makrozustand besteht aus vielen Mikroständen, genauer nur aus den wirklichen Mikrozuständen. Der Makrozustand ist ein großer Ausschnitt zu einem Zeitpunkt, nicht aller möglichen Zustände, sondern eines wirklichen Zustands.

Ein Mikrozustand ist nicht einfach nur ein verkleinerter Beobachtungsausschnitt eines Makrozustands oder eine Ausschnittverkleinerung der makroskopischen Perspektive. Der Mikrozustand ist ein kleiner Ausschnitt, der mögliche und wirkliche Zustände beschreibt. Die stationäre Zustandsbetrachtung des Makroskopischen ist daher von den dynamisch möglichen Bewegungen der Systemelemente des Mikroskopischen zu unterscheiden.

In einem Beispiel zeigt das Makroskopische die einheitliche Zustandstemperatur des Systemraums von 30° . Das Mikroskopische hingegen zeigt in einem Bereich des Systemraums eine Wärmediffusion von 40° in Richtung eines Bereichs der nur 20° aufweist und in einem anderen Bereich desselben Systemraums die Bewegung von einer Wärmequelle von 50° hin zu einem kalten Bereich, der nur 10° aufweist.

In der hier verfolgten thermodynamisch physikalischen Betrachtungsweise ist mikroskopisch ein Ausschnitt dynamischer Lagebeschreibung (Prozess), der zudem verschiedene Pfadmöglichkeiten in demselben Systemraum ergründet; makroskopisch hingegen ist eine statische Lagebeschreibung (Zustand).

Der Mikrozustand ist die „mikroskopische Beschreibung“ eines thermodynamischen Systems. Im „*Mikrozustand*“ dargestellt sind hier unterschiedliche Gleichgewichtspunkte bzw. Zustände, die das offene System nach Störungen einnehmen kann. Im Mikrozustand wird die Position eines Systemelements in Relation zum gesamten Raum erfasst. Alle Positionen einzelner Elemente im Systemraum über die Zeit zu erfassen, also alle Zustände der Elemente, ist bei komplexen, dynamischen und offenen Systemen allerdings unmöglich.

Ein Mikrozustand ist ein Punkt im gesamten *Phasenraum* des Systems, der die Menge aller Mikrozustände abbildet. In einem Mikrozustand ist die Erfassung aller Pfade der Systemraumentwicklung nicht möglich. Dargestellt ist nur ein beispielhafter Verlauf (siehe Abb. 4).

Gemeinsam ist den zahlreichen Zustandsdefinitionen in der Physik, dass sie der Gesamtheit aller Informationen, die zur Bestimmung der Systemeigenschaften notwendig sind, Rechnung tragen. Für ein thermodynamisches System, d.h. für eine Gesamtheit von Elementen, in der die Energietransformation thematisiert ist, geht es speziell um die entropische Qualität.

Die unterschiedlichen Zugänge in der Vorgehensweise von Boltzmann und Claudius zur Erfassung von Entropie machen die Variationsmöglichkeit zwischen Makro- und Mikrozustand in der Analyse der entropischen Qualität deutlich.²³

Zunächst zur Boltzmannformel, sie lautet: $S = k \ln W$

S: Entropie, k: konstante sonstige Parameter, wie Volumen, Teilchen, W: Zahl der Mikrozustände

Die Entropie (S) ist danach proportional zum Logarithmus (ln) der Zahl der „*Mikrozustände*“ (W) eines Systems, multipliziert mit der „Boltzmann Konstanten“ (k), die für die sonstigen Parameter, wie Volumen und Teilchen, steht.

Da Entropie einen Makrozustand beschreibt, ist deutlich, dass mit der Anzahl von Mikrozuständen, auch der Makrozustand wächst.

Claudius führte den Begriff der „Entropie“ (beschrieben in Kapitel 2.2) ein, der für den „Wandlungsgehalt“ von Energie steht. Auch in seiner Formel $S = \frac{dQ}{T}$, die dem System zugeführte Wärmemenge in das Verhältnis zur Durchschnittstemperatur, die bei der Zuführung herrscht, ins Verhältnis setzt, wird deutlich: Alle Möglichkeiten zu denen sich

²³ Vgl. Krcal (2020); Nickel (2019), S. 115; Hahne (2004), S. 67

Moleküle/Elemente etc. im System anordnen können, sind mit der Entropiehöhe beschrieben.²⁴ Sie ist ein Maß für die Anordnungsfreiheit der Atome/Moleküle. Je mehr mögliche Mikrozustände, desto stärker wächst die Entropie. Damit ist etwas über das Wandlungsvermögen eines Systems ausgesagt.

Prozesse und Zustände

Eine Reihe von Zuständen, die in einem zeitlichen und sachlogischen kausalen Zusammenhang stehen, bilden einen Prozess. In Prozessen ohne Steuerungsabsicht passieren Übergänge, werden sie absichtlich konfiguriert, vollzieht sich der Übergang von einem Zustand zu einem anderen Zustand plangemäß. Prozesse gehören zum Systemraum. In Prozessen auf dem Weg zum Gleichgewichtszustand eines Systems verändert sich die Konfiguration des Systems, d.h. die Konstellation von Zuständen ändert sich. Das Ende des Systemprozesses ist das „thermodynamische Gleichgewicht“.

Die Homöostase ist die Fähigkeit lebender Systeme sich in einen Gleichgewichtszustand zu bringen.²⁵ Bei Systemen höchster Komplexität ist diese Fähigkeit Ausdruck der Regelung, auf Störungen, die auf das System von außen einwirken, so zu reagieren, dass die ursprüngliche Funktionsweise des Systems wiederhergestellt wird, die durch die Störung unterbrochen, geändert oder gar verhindert ist.

„Gleichgewichtszustände“ haben geschlossene und offene Systeme gleichermaßen, denn Geschlossenheit bedeutet nicht die Ferne von Prozessen. Innerhalb des geschlossenen Systems passiert die Abfolge von Zuständen solange, bis die Entropie maximal ist, d.h. das thermodynamische Gleichgewicht eintritt. Ein dauerhaft permanenter Gleichgewichtszustand ist nur im Fall des thermodynamischen Gleichgewichts erreicht. Das geschlossene System kann keine Negentropie aufbauen, Handlungsmöglichkeiten bestehen nicht mehr.

Der Übergang von Makro- zu Mikrozustand und vice versa

²⁴ Vgl. Nickel (2018), S. 113

²⁵ Vgl. Bleichert (1970), S. 94-99

Wie kann man sich den Makrozustand Entropie aus Perspektive eines Mikrozustands vorstellen? Die Ausschnittsvergrößerung einer geschlossenen Systemstruktur im Makrozustand betont den Vorgang der Entropiezunahme aus einer Mikroperspektive (siehe Abb.4).

Hingegen der in Abb. 1 dargestellte Systemraum beschreibt die Entwicklung der Entropie als die Abfolge von Stationen des Makrozustands im Sinne von beispielsweise zum Zeitpunkt t_5 ist die Systemraumentropie geringer als zum Zeitpunkt t_9 . Wie sich letztlich der Prozess dazwischen vollzieht wird erst mit der Betrachtung der Mikrozustände zum Thema. Exemplarisch sind die Möglichkeiten der Systemraumstrukturbildung mit der Ausschnittsvergrößerung in Abb. 4 dargestellt. Die Erläuterung der Ausschnittsvergrößerung erfolgt in Abb. 7 (siehe unten), da zuvor erst das Wesen der *Zustandsfunktion* eingehender ergründet werden soll.

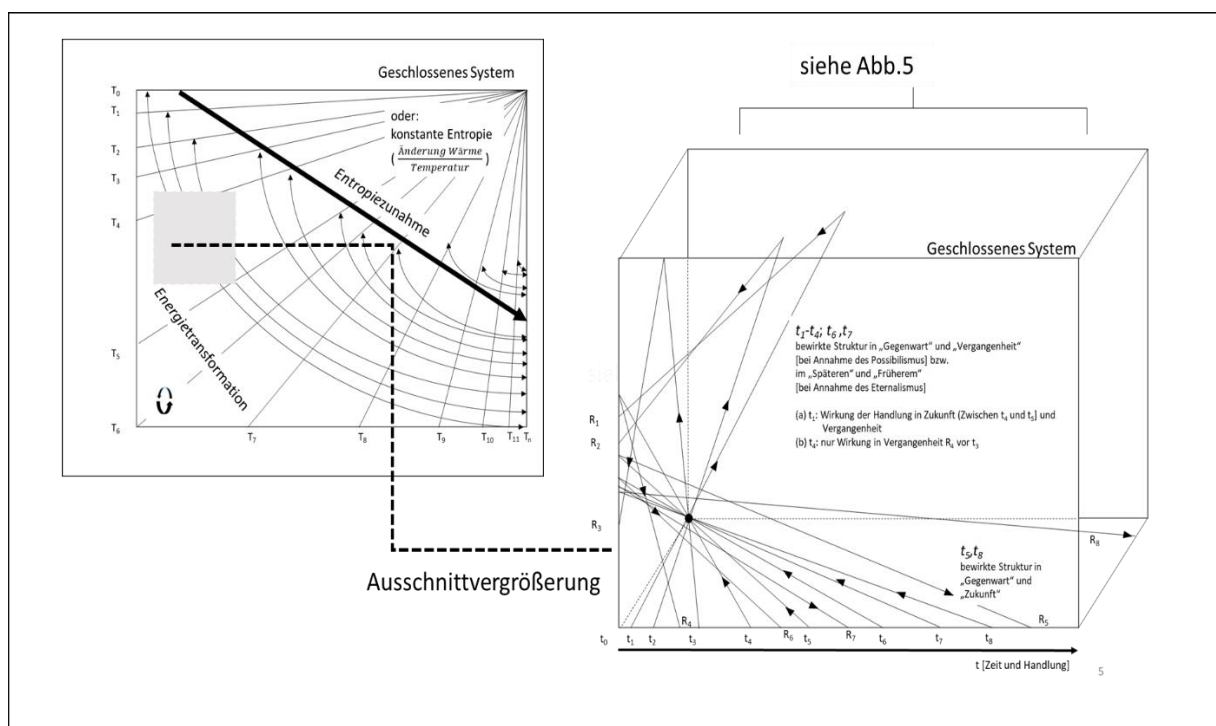


Abb.4: Perspektivenwechsel bei der Entropieanalyse

Zustände der Kausalität: Handlung als „Ursache“ und Entropie als „Wirkung“

Der Zustand „Ursache“ ist vom Zustand „Wirkung“ unterscheidbar. „Kausalität“ beschreibt die Ursache-Wirkungsbeziehung eines Sachverhaltes.

Neben den vielen Konstellationen unter denen Etwas als ursächlich oder etwas Anderes als Wirkung folgend, denkbar sind, der Schwierigkeit oder gar der Unmöglichkeit das Ursächliche einer Wirkung zweifelsfrei zu klären, zeigen die vorstehenden Ausführungen, dass der Entropie immer eine Handlung vorausgeht. Deutlich ist die Handlung ursächlich für die Zunahme der Entropie als Wirkung.

Die Kausalitätsanalyse kennt den Unterschied zwischen der starken und der schwachen Kausalität.²⁶ Eine *starke* Kausalität ist gegeben, wenn ähnliche Ursachen in den Ausgangsbedingungen zu ähnlichen Wirkungen führen. Eine *schwache* Kausalität liegt vor, wenn gleiche Ursachen eine stets gleiche Wirkung zur Folge haben. Was heißt das? Bei der starken Kausalität ist für die Ursache-Wirkung-Relation gleichsam eine strukturelle Proportionalität der Kausalität unterstellt, kleine Ursache – kleine Wirkung oder große Ursache – große Wirkung. Insgesamt besteht damit eine Berechenbarkeit der Wirkung.

Hingegen bei der schwachen Kausalität lässt sich über kleine Ursachen eine große Wirkung erzielen und umgekehrt. Grund für ein derartiges Geschehen ist der zugrunde liegende dynamische, nicht lineare offene komplexe Systemcharakter, der eine deterministische Berechenbarkeit nicht zulässt.

Zustandsanalysen in Form von Perspektivwechseln, d.h. die variierende Betrachtung zwischen Makro- und Mikrozustand im Systemraum, sind in der betrieblichen Praxis gang und gäbe. Allerdings wird dabei nicht immer unterschieden zwischen *wirklichen* und *möglichen* Zuständen des Mikrozustands und den ausschließlich wirklichen Zuständen des Makrozustands:

- In der zeitlichen Dimension einer relativen Betrachtung zwischen Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft, ist die Gegenwart als Makrozustand interpretierbar. Gegenwart als Wirkung einer ursächlichen Vergangenheit oder selbst wiederum als mögliche Ursache für die Zukunft.

²⁶ Die nicht lineare, dynamische, komplexe Systeme betreffende Chaostheorie unterscheidet starke und schwache Kausalität. Vgl. Wiesen (2003), S. 419

- Zwischen der gesamten Makrowirkung, z.B. in Form der Unternehmensgewinnhöhe und der einer dazu beitragenden ursächlichen Einzelheit, z.B. in Form der Betrachtung des Kapazitätsauslastungsgrads einer Maschine.
- Bei Einsatz von Kreativitätstechniken, z.B. bei der Synektik, zur Lösung von Unternehmensproblemen, vollzieht sich ein Wechsel zwischen dem Problem (Makrozustand), der gewählten Analogie mit seinem Verfremdungseffekt als Ideemöglichkeit (Mikrozustand) und der abschließenden Rückübersetzung einer gefundenen Teillösung auf das Ausgangsproblem als Wirkung (Makrozustand).
- Zwischen der ursächlichen Dringlichkeit des Momentanen als wirklicher Zustand und der Vernachlässigung des strategisch Wirksamen, aber weniger Dringlichen, passiert bei betrieblichen Entscheidungen eine starke Umwidmung des Wirklichen hin zum Potenziellen. Dadurch steigt das Risiko des Scheiterns.

Der Makrozustand des geschlossenen Systems, bekannt aus Abb.1, ist in zeitlicher Qualität als Abfolge von Zuständen exemplarisch in mikroskopischer Analyse erfassbar, was Abb. 4 unterstreichen soll.

Die Entropie ist eine *Zustandsfunktion*, d.h. die gesamte, statische Systemstruktur zu einem Zeitpunkt t_1 steht im Vergleich zu der gesamten statischen Systemstruktur zu einem anderen Zeitpunkt t_2 , was der Makrozustand abbildet.

Zustand der Ordnung und der Unordnung

Die übliche Darstellung der Entropiezunahme im physikalischen Kontext ist das Bild einer geschlossenen Systemmorphologie in Form eines Rechtecks.²⁷ Sie zeigt Gasmoleküle oder Teilchen, die sich anfänglich im linken Teil des durch einen Schieber abgetrennten Systemraums, häufig ist auch die Kolbendarstellung, befinden. Wird der Schieber geöffnet, diffundieren eben diese Gasmoleküle solange in den gesamten, nun ungeteilten Raum, bis sie bewegungslos irgendwo im Systemraum stehen. Dieser bildliche

²⁷ Vgl. Borgnakke (2025), S. 225 f.; Stadlmayr (2018), S. 104; Kittel/Krömer (2013), S. 61; Hahne (2004), S. 46, 197

Prozess der Veränderung läuft ab, ausgehend von einem Zustand der Ordnung, d.h. alle Moleküle sind in einem Bereich des Systemraums durch einen Schieber von dem leeren Bereich des Systemraums getrennt. Dann erfolgt die Handlung der Schieberöffnung, die weitere Anschluss-handlungen, wie die Bewegung der Moleküle auslöst, bis hin zum Zustand der „Unordnung“, der die Verteilung der Moleküle im Systemraum beschreibt. Dieser Zustand der Unordnung ist nichts anderes als die endgültige Festlegung der Moleküle, das Erstarren jeglicher weiteren Abfolgen. Die Raumpositionen der Moleküle sind starr und verteilt, weitere Bewegungen im System sind nicht mehr möglich.

Wie genau der Übergang von einem Zustand zum anderen Zustand im Einzelnen und in seiner Gesamtheit verläuft ist nicht Gegenstand der vorliegenden Systemanalyse, d.h. ob ein Systemelement (verdeutlicht als schwarzer Punkt) im Ausgangszustand t_1 (siehe Abb. 5) beispielhaft von der linken oberen Systemstrukturseite erst ein Stück horizontal nach rechts driftet, prozessual dann in der Mitte nach unten fällt oder gleich diagonal seine Position in t_2 einnimmt, spielt für die Relevanz der Entropie als Zustand hinsichtlich der weiteren Handlungsmöglichkeiten des Systems keine Rolle. Am Ende des Prozesses zählt nur, dass in der geschlossenen Systemstruktur alle Elemente im Systemraum verteilt sind, jedes an seiner festgesetzten, unabänderlichen Position.

Im Zustand t_1 ist die Entropie gering, in t_2 im Vergleich dazu maximal. Der Übergang von einem geringen Wandlungszustand (Systemzustand in t_1) zu einem maximalen Wandlungszustand (Systemzustand in t_2) ist im geschlossenen System unumkehrbar (irreversibel), d.h. die umgekehrte Richtung vom maximalen Wandlungszustand zu einem geringeren Wandlungszustand ist praktisch im geschlossenen System unmöglich. Zu einem Zeitpunkt t_3 wäre eine Umkehrbarkeit (Reversibilität) nur erreichbar, wenn ein Energiezufluss von außen aus dem Umfeldsystem erfolgt. Das ist aber in einem geschlossenen isolierten System nicht möglich.

In Abb. 5 hat der Systemraum nur zwei Zustände t_1 und t_2 . Der Term $dS=0$ besagt, dass die Entropie konstant ist, wobei sie bei $dS>0$ wächst.

Für den realen physikalischen Hintergrund der Handlungsoptionen bzw. der Handlungsrestriktionen bildet die beschriebene Qualität der Energietransformation die Basis auf dem Weg in einen Zustand höheren Umwandlungsgrades bzw. der Unordnung.

In einem geschlossenen System mündet die dynamische Entwicklung immer in einem statischen Endzustand. Eine unreflektierte Handlung führt zu einem Zustand ohne Anschlussanhandlung. Das System beendet damit seinen Systemerhalt. Das Faktische als Zustandsergebnis besteht in großer Variationsbreite (z.B. bei Insolvenz oder konjunkturell bedingtem Umsatzeinbruch). „Beschönigung“ oder „Leugnung“ des Faktischen grenzt, durch den damit verbundenen zusätzlichen Ressourcenverbrauch, den Handlungsrahmen für den Betrieb weiter ein.

Erst bei Systemoffenheit setzt, durch Hereinnahme von Information, Energie und Materie, systemisches Lernen zum Aufbau der Negentropie ein. Wenn „Lernen“ neue Handlungsmuster bedeutet, kommen Impulse für Neuheit von außen. Beispielsweise bei drohender Insolvenz ist ohne ein Kapitalzufluss von außen der Konkurs nicht abwendbar und die Ressourcenbasis für den „Turnaround“, also den Umschwung in der Unternehmensentwicklung, nicht gegeben.

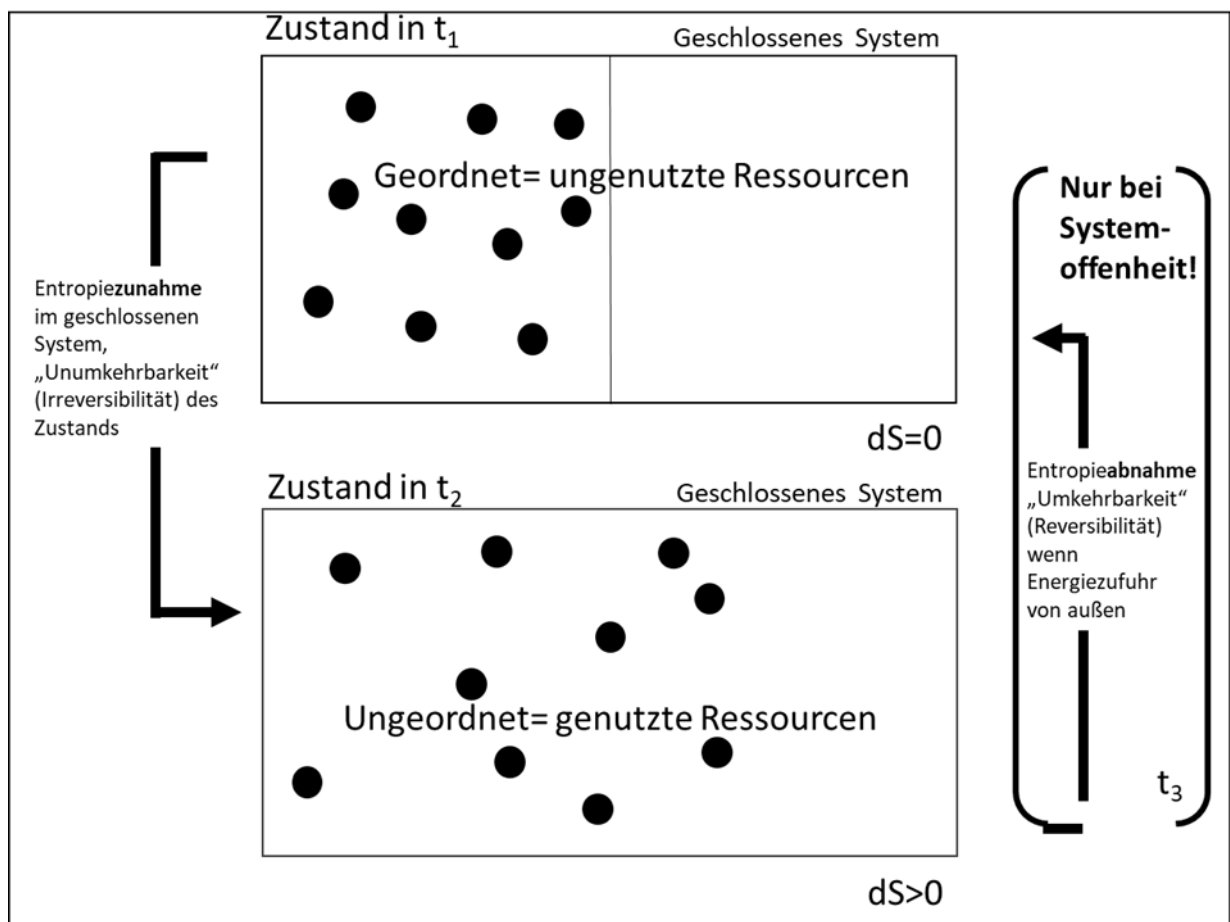


Abb.5: Grad der Umkehrbarkeit von Entropie

Eingedenk der Tatsache der Endlichkeit natürlicher Ressourcen, die irgendwann einmal einem Einzelunternehmen von außerhalb des Unternehmens nicht mehr zur Verfügung stehen werden, ist die Annahme einer Systemgeschlossenheit von Betrieben theoretisch sinnvoll. Denn „Systemgeschlossenheit“ steht gleichsam als Parabel für das Unabänderliche, das einem psychischem System, ein Überdenken der eigenen Handlungen vor dem Hintergrund der Handlungswirkungen, auferlegt. Physikalisch kann in Bezug auf ein Industrieunternehmen realistischer Weise nicht von Systemgeschlossenheit die Rede sein, aber überall dort, wo ein Unternehmen durch Partialinklusion auch ein psychisches System ist (bei der Planung, Entscheidung usw.), zeigt sich der pädagogische Mehrwert der ideellen Vorstellung der Systemgeschlossenheit für den Entscheidungsträger bei der Verdeutlichung von absoluten Handlungsgrenzen.

Abnahme der Dynamik bei Systemgeschlossenheit: Vergleich der Zustände

„Dynamik“ betont in den Augen eines Beobachters häufig zweierlei: die Vorstellung von fortwährender Veränderung, eines Stromes von Ereignissen der nicht versiegen wird und zum anderen eine Komplexität, die sich im Kern als „Kompliziertheit“ der Beherrschbarkeit von Vorgängen darstellt. Beide Sichtweisen sind durch systemtheoretische Aussagen zur Systemgeschlossenheit nicht haltbar.

Zum ersten Punkt: „Dynamik“, also die Abfolge von Zuständen ist bei Systemgeschlossenheit eine unabänderliche, abnehmende Dynamik. Der Vergleich der Zustände zeigt, wie zu Beginn mit der ersten Handlung die Handlungsmöglichkeiten des Systemraums bis zu einem Systemzustand, der keine Handlung mehr zulässt, abnehmen. Die Abnahme der Ordnung (=gegebener Ressourcenbestand) und Zunahme der Unordnung (=Abnahme der Handlungsmöglichkeit durch Ressourcenverbrauch der Systemstruktur) bedeutet nicht „Unaufgeräumtheit“, sondern den Rückgang der Handlungsmöglichkeiten im Systemraum.

Zum zweiten Punkt: die vermeintliche totale Beherrschbarkeit der Vorgänge ist eine Illusion. Die Verwendung der Kennzeichnung „Kompliziertheit“ ist immer mit dem An-

spruch im Sinne einer Gestaltbarkeit oder Erklärbarkeit verbunden, was aber der Wirksamkeit der Systemkomplexität widerspricht. Gestaltbarkeit im voluntaristischen Sinn bedeutet Reduktion von Möglichkeiten, die strukturelle Vielfalt lässt sich aber nur „bewältigen“, was für ein aktives reflektierendes Systemelement so viel heißt, wie akzeptieren, darauf reagieren, ausweichen, Anregungen aufnehmen, bemüht sein, initiativ sein (einen kleinen ersten Schritt tun). Es kann aber nicht heißen absolut bestimmen, festlegen, einteilen, eliminieren, ignorieren, total einschließen und total ausschließen. Bewältigung bedeutet hier nicht, eine fatalistische Schicksalsergebenheit, die Handlungen vermeidet, sondern eine maßvolle Abgewogenheit des Handelns.

Die Abnahme der Ordnung und die Zunahme der Unordnung entspricht bei Systemgeschlossenheit dem Normalverlauf, der unumkehrbar, irreversibel wirkt, da eine Ressourcenzufuhr aus dem Umfeldsystem, die die Wandlungsqualität umkehren würde, unmöglich ist. Jede Handlung und damit Ressourcennutzung führt zu einer höheren Unordnung des Systems.

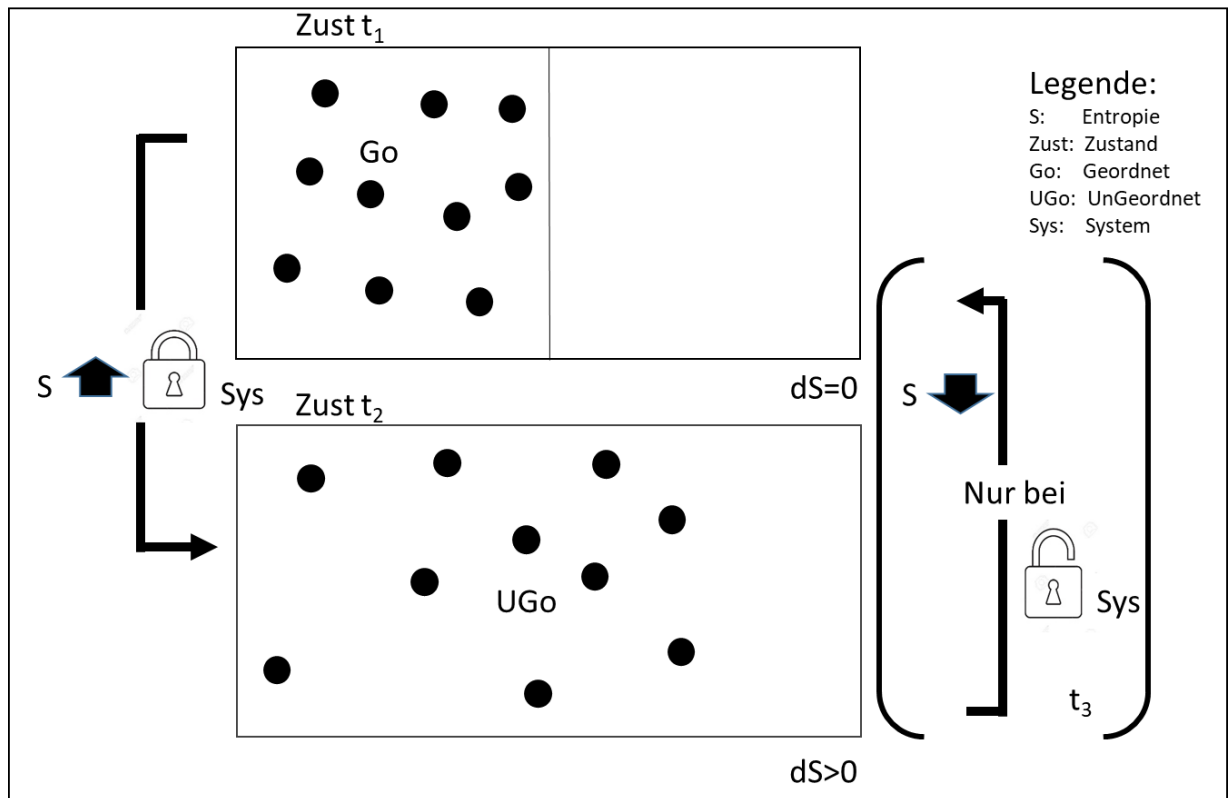


Abb.6: Piktogramm (I) „Zustände der Entropie“

Die Frage woher ein geschlossenes System den ersten Anstoß (Impuls) für seine Handlungen erhält, wenn kein Impuls von außen den ersten Schritt einleitet, lässt sich mit dem Hinweis auf die Kernaufgabe eines Systems verbinden: es ist der Systemerhalt, der sich um die Systemgrenze zwischen dem Innen und Außen zentriert, einstellt. Die Notwendigkeit des Systemerhalts unterliegt einer inneren Ordnung, die einen inhaltlich ersten Schritt der Handlung bestimmt und Systemidentität stiftend vor ihre erste Systemhandlung die dominierende Qualität als philosophisches, theologisches, oder naturwissenschaftliches System usw., festlegt.

Letztlich geht es bei einer ersten Systemhandlung immer um die Abgrenzung der Systemstruktur von der Umweltstruktur.

Das erste hier abgebildete Piktogramm (I) „Zustände der Entropie“ (siehe Abb. 6) gibt die oben im Zusammenhang der Abb. 5 geschilderten Zusammenhänge in kurzer grafischer Form wieder. Abb.6 stellt den Versuch dar, Abb.5 von Texten zu „reinigen“ und eine codierte Bildsprache zu erreichen. Zeichen und grafische Elemente ergänzen einander. Je nach Einübungsgrad möglicher Nutzer lässt sich auch die Legende, rechts oben in der Darstellung, wegdenken, so dass dem piktogrammschen Charakter der Abb. noch weiter entsprochen wird.

Der Zusammenhang von Systemkomplexität, Irreversibilität von Systemhandlungen, fehlendem Systemöffnungsgrad und den auf der Rückseite des Piktogramms enthaltenen Angaben zum Ressourcenmanagement (siehe Abb.3) ist von hoher betrieblicher Relevanz, wie die folgenden Ausführungen unterstreichen.

Komplexe Systeme und Irreversibilität von Systemzuständen: Ressourcenfestlegung durch Handlungen

Die strukturelle Vielschichtigkeit eines Systems ergibt seine Komplexität. Strukturell vielschichtig ausgeprägte Systeme haben die Eigenschaft der Irreversibilität, d.h. der Unumkehrbarkeit von Handlungswirkungen.²⁸

²⁸ Vgl. Krcal (2003)

Zu unterscheiden ist die Handlung von ihrer Wirkung. Eine zurückliegende Handlung kann revidiert werden, z.B. eine nicht geschlossene Schublade lässt sich nachträglich schließen. Die Wirkung, dass einer dritten Person bemerkt hat, die Schublade wurde nicht geschlossen, bleibt für das System weiterhin bestehen. Natürlich bestehen auch irreversible Handlungen. Die Wirkungen des alten Systemzustands sind irreversibel. Der zeitlich zurückliegende Systemzustand lässt sich insgesamt nicht rückabwickeln. Neue Entscheidungen zur Revision einer alten Systementscheidung können getroffen werden. Konkret ist darin die Handlung, nicht aber die *Wirkung* des ursprünglichen Systemzustands gemeint und nicht das „ungeschehen machen“ des alten ursächlichen Systemzustands selbst. Tatsächlich ist eine retrograde 1:1 Herstellung der Systemstruktur, die zum Zeitpunkt der alten Systementscheidung galt, nicht möglich. Für alle betrieblichen Entscheidungen gilt – ein Gegensteuern, eine aufhebende Entscheidung (z.B. Rücknahme einer Entlassung), eine geänderte Perspektive, die zu neuer Entscheidungsqualität führt, ist möglich, nicht aber lässt sich die Gesamtwirkung einer alten Systementscheidung auf das System aufgrund der Komplexität der Systemstruktur „ungeschehen“ machen.

Regeln und Ressourcen für Entscheidungsrevisionen sind zu planen, d.h. neue Entscheidungen als Anschlussentscheidungen folgen.

Alle Ressourcenarten sind von der Irreversibilität der Systemzustände betroffen: Materielle Verbrauchsressourcen, beispielsweise Betriebsstoffe in der Fertigung, ebenso wie immaterielle Ressourcen. Auch bei immateriellen Ressourcen lässt sich eine „Unschuld des Nicht-Gedachten“ bei bereits vollzogenen Gedanken nicht wiederherstellen. Etwas Gedachtes kann nicht „nicht gedacht“ werden, es lässt sich umdenken, neu weiterdenken, häufig oder selten denken, vergessen – nicht aber als noch nie assoziiert oder reflektiert kennzeichnen. Die Irreversibilität der Systemzustände gilt auch für alle Arten betrieblicher Transformationsprozesse (Produktion, Entscheidungen, Entsorgung etc.) als Bezugsbasis.

Betriebliche Perspektiven: Handlung als Prozess und das Faktische als Zustand

Wegen der Unumkehrbarkeit von Systemzuständen ist eine umsichtige abgewogene Entscheidungsfindung (Auswahlhandlung) als ein Qualitätsmerkmal des Entscheidungsprozesses, notwendig. Dadurch verringert sich tendenziell das Maß an Fehlentscheidungen. Permanent sind im Rahmen einer Metaplanung Beteiligungsberechtigungen, die Regelgebundenheit von Informationen, zeitliche Umfänge (Dauer), der optimale Zeitpunkt und die zeitlichen Abstände von Entscheidungsprozessen zu überdenken. Es besteht dann die Chance, die entropisch richtigen, d.h. den Ressourcenverbrauch möglichst begrenzenden Entscheidungen, zu treffen. Es bleiben immer auch Fehlentscheidungen bestehen, deren Wirkungen nicht durch neue Entscheidungen im System kompensierbar sind.

Zustand und die Abfolge von Zuständen, also das Dynamische, sind gleichermaßen Seinsqualitäten im System. Die Unterscheidung von „Zustand“ und „Prozess“ ist elementar, da damit zum einen Handlungsnotwendigkeiten, -freiräume und -restriktionen, beschrieben sind. Zum anderen wächst aber mit jeder weiteren Handlung auch die Erkenntnis weiterer zusätzlicher systemischer Festlegungen, der für eine Handlung benötigten Ressourcen.

Die systemische Transformation von Wärme in Arbeit ist eine (System-)Handlung und da der Wärmezustand beim geschlossenen System gegeben ist, verkleinert sich die zukünftige Möglichkeit zur Handlung mit jeder weiteren Handlung (siehe Kap.3.1).²⁹

Eine theoriegeleitete Reflexion des Systemöffnungsgrads des Betriebs zeigt, es ist die Unterscheidung Eigenbedarfsdeckung bei Haushalten und Fremdbedarfsdeckung bei Unternehmen gegeben.³⁰ Das Klassifikationskriterium „Fremdbedarfsdeckung“ überwindet bereits definitorische die Systemgrenze und setzt gedanklich eine Systemöffnung voraus.

²⁹ Vgl. Krcal (2020)

³⁰ In der ursprünglichen Klassifikation nach Erich Kosiol steht die Leitdifferenz Eigenbedarfs- und Fremdbedarfsdeckung noch im Vordergrund der Typologisierung des „Betriebs“. Später erfährt der Betrieb als Objekt eine kontroverse Einordnung. Dann wieder bei Wöhe et al. in der 27.A. von 2020 erfolgt die klassifikatorische Zuordnung von Betrieben und Haushalten wieder mehr über die Differenz Fremdbedarfsdeckung (bei Betrieben) und Eigenbedarfsdeckung (bei Haushalten). Vgl. Wöhe/Döring/Brösel (2020), S. 29; Wöhe (2002), S. 2-5; Schweitzer (1990), S.11; Kosiol (1962), Sp. 5540-5545

Auch bei „Eigenbedarfsdeckung“ kommt hinzu, dass der Systembedarf nicht aus dem System heraus selbst gedeckt wird, sondern die Bedarfsdeckung mit benötigten Ressourcen aus dem Umfeldsystem heraus erfolgt. Praktisch existiert Autarkie in der betrieblichen Ressourcenversorgung nicht.

Fremd- und Eigenbedarfsdeckung erfordern die Systemöffnung, denn eine Mittelzuführung von außen oder eine Mittelabgabe nach außen ist erforderlich. Mit anderen Worten praktisch ist jeder Betrieb ein offenes System und kann auch theoretisch nicht als geschlossenes System gedacht werden. Allerdings sind für Betriebe auf der Handlungsebene Situationen, wo im Krisenfall eine Abschottung erfolgt, in der Praxis vorstellbar. Eine faktische handlungsbezogene Systemschließung ist aber aufgrund der Partialinklusion des Unternehmens, auch in Wirklichkeit praktisch unmöglich.

Warum ist dann dennoch die Betrachtung geschlossener Systeme notwendig und hilfreich? Es ist die Geschlossenheit des Umfeldsystems die für das offene System zum Problem werden kann. Wenn das Umfeldsystem keinen Bezug von natürlichen Ressourcen mehr zulässt und die Ausnahmekapazität für Emissionen des Systems erschöpft ist, dann nützt dem System auch seine Offenheit nicht. Der Weltraum steht auf absehbare Zeit für eine effiziente ökonomische Nutzung seiner Ressourcen nicht zur Verfügung.

Zustandsqualität bei Störungen

Der Ausfall eines Systemelements ist eine Störung für die Funktionalität des gesamten Systems. Handelt es sich zudem noch um ein offenes System beeinträchtigen die exogenen Störungen die Funktionsweise des Systems zusätzlich. Eine Ungleichheit der Systemstruktur tritt auf, wenn Störungen (Ausfall von Elementen, fehlender Input, usw.) von der gesamten Systemstruktur nicht kompensiert, oder aufgefangen werden können, so dass die Systemaufgaben nicht mehr erfüllbar sind. In einem offenen System ist, aufgrund der komplexen Vernetzung zwischen Innen und Außen, der Systemzustand beeinflusst von äußeren Impulsen (Handlungen, Ereignissen). Dafür ist nicht nur die Partialinklusion (siehe unten) verantwortlich, sondern auch die Systemmorphologie, die sich in ihrer Abgrenzung explizit auf das „Umfeldsystem“, bezieht, also das außen.

4.3 Reflexion der strukturellen Handlungswirkung

Abb.1 zeigt die Dimensionen Zeit bzw. Handlung und den Strukturaufbau in Form der Entropiezunahme.

In der Abb.7 „Strukturelle Wirkungsreflexion einer Handlung im Mikrozustand“ erfolgt ein fünfdimensionaler Aufbau des *Systemraums*, von dem drei Dimensionen (Höhe, Tiefe, Breite) als Strukturparameter explizit dargestellt sind. In der Darstellung wird die Erstreckung des Raums, wie Höhe, Tiefe Breite, also seine Begrenzungen, durch die zwei weiteren Komponenten „Handlung“ und „Zeit“ hervorgerufen. Da keine Handlung ohne ihren Systemraum als Referenzpunkt vorstellbar ist, bilden der Systemraum und die Systemhandlung eine mehrdimensionale Struktur. Hinzu kommt die „zeitliche“ Dimension: Zeit vergeht ohne Handlung, aber jede Handlung ist an das Vergehen von Zeit gebunden. In der vorliegenden Darstellung sind die eigenständigen Dimensionen „Zeit“ und „Handlung“ aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Notation „t“ zusammengefasst. Im vorliegenden Modell (Abb.7) bedeutet jeder einzelne Zeitpunkt t_0 bis t_n eine Handlung. Es liegen faktisch fünf Dimensionen vor, wobei nur drei Dimensionen grafisch zum Ausdruck gebracht sind.

Die unterschiedlichen Lagen von t_0 bis t_n in Abb. 2 zu Abb. 4 oder Abb. 7 erklären sich aufgrund der relativistischen Position des Beobachters des Raums, d.h. wo Höhe, Breite, Tiefe liegt, ist abhängig von der Ausgangsposition des Beobachters, wozu auch das relativistische Zeitverständnis zählt.

Die eingezeichneten „Linien“ sind Strukturpfade der Kausalität von Ursache und Wirkung, ausgelöst durch Handlungen. *Trajektorien*, sogenannte Entwicklungspfade begründen Pfadabhängigkeiten, die neue pfadabweichende Handlungen verhindern und retrograde Pfade stabilisieren.³¹

³¹ Vgl. Schreyögg/Sydow/Koch (2003); Leonard-Barton (1992), S. 111-126

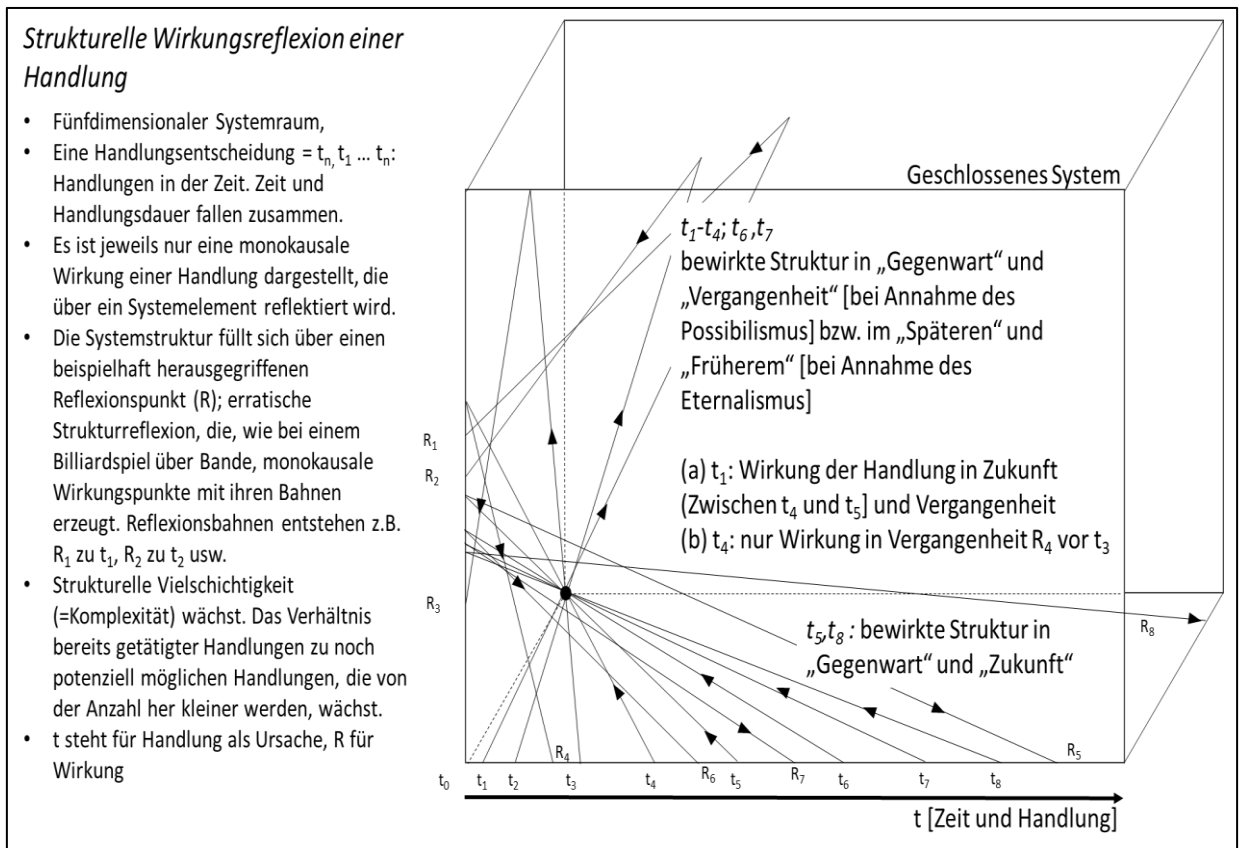


Abb.7: Strukturelle Wirkungsreflexion einer Handlung im Mikrozustand

Im Folgenden soll exemplarisch gezeigt werden, wie eine „Handlung“ in Form einer Entscheidung, eines Denkvorgangs, oder einer ausführenden Tätigkeit, usw. im geschlossenen System entropisch wirkt bzw. zum Ausdruck kommt. Der zu Beginn noch von entropischen Festlegungen weitgehend leere Systemraum beginnt sich mit jeder weiter hinzukommenden Handlung entropisch zu füllen; mit anderen Worten das System verringert mit jeder weiteren Handlung seine zukünftigen Handlungsmöglichkeiten. Die Entropie nimmt zu. Wie im Einzelnen die Systemelemente, Subsysteme und die Systembeziehungen davon betroffen sind, ist u.a. von der zugrunde gelegten Systemart, der spezifischen Situation, der Lage der Elemente im Systemraum und anderen Systemparametern abhängig. Die strukturelle Verfestigung (Entropiezunahme), ausgelöst mit der ersten Systementscheidung, kann ihren Ausgangspunkt in einem zentral liegenden Element, einem dezentral liegenden Element oder einer Gruppe von Elementen haben; für die Darstellung (Abb.7) soll annahmegemäß gelten, dass ein dezentrales Element (hier dargestellt durch den schwarzen Punkt), das zufällig identisch ist mit dem Schnittpunkt von Tiefen-, Breiten- und Höhenlinie, diejenige Strukturkomponente ist, über die das

System seine Reaktionswirkung auf eine eigene Systementscheidung entwickelt. Es ist als vereinfachende Maßnahme nur eine monokausale Wirkung einer Handlung dargestellt, die über ein Systemelement (eben den schwarzen Punkt) reflektiert wird. Die Systemstruktur füllt sich gleichsam über diesen Reflexionspunkt. Als Reflexionspunkt soll bezeichnet sein derjenige Strukturpunkt, von dem aus sich das gesamte System in seiner Struktur retrograd und anterograd als Systementscheidung (Handlung) und Systemwirkung, erschließt. (Der Reflexionspunkt entspricht analog in einem offenen dynamischen System einem Attraktor, der für die gesamte Systemstruktur konfigurierend wirkt.) Dargestellt ist eine erratische Reflexion, in der das System, wie bei einem Billardspiel, die Allegorie ist seit David Hume bei der Analyse von Kausalität gebräuchlich, „über Bande“ monokausale Wirkungspunkte mit seinen Bahnen erzeugt. Die strukturelle Vielschichtigkeit (=Systemkomplexität) wächst durch die Entropie.

Eine Handlung, zu einem Zeitpunkt t_n (Zustand als Ursache) vollzogen, führt zu einem Zustand als Ergebnis der Strukturveränderung, der hier grafisch als Kontakt einer „Billardkugel“ mit der Systemgrenze zum Ausdruck gebracht ist. Strukturbildung, Strukturformung oder Strukturbahnen – diese alternativen sprachlichen Formen betreffen alle Reflexionsbahnen der Systemveränderung, die zu Wirkungszuständen (R_1 bis R_n) führen.

Nach dem statisch, auch parmenidisch zu nennenden Zeitverständnis des Eternalismus wird die Existenz eines Gegenstandes in der Zeit angenommen. In seiner Zeitordnung der „Lagezeit“, gibt es ein „Früher“ und ein „Später“. Die strukturellen Abschnitte der Zeitordnung sind nicht isoliert voneinander zu betrachten, sondern ergeben nach dem Eternalismus ein Ganzes des Systemraums.³²

In den beispielhaften Fällen t_1 bis t_4 bzw. t_6 und t_7 liegt ein strukturelles „Früher“ vor (siehe Abb.7).

Die gegensätzliche dynamische Variante des Zeitverständnisses nach Heraklit sieht in der „Modalzeit“ die Möglichkeit des „Gegenwärtigen“ im Vergleich zum „Vergangenen“

³² Vgl. Sievoka (2018), S. 16-19

vor. Dieser „Possibilismus“ versteht die Strukturveränderung des Gegenwärtigen als Abfolge von Zuständen.

Unabhängig von dem zugrunde gelegten Zeitverständnis ist die Systemstruktur immer zeitbezogen; bei Entropiezunahme existiert mit der Gerichtetheit des Vorgangs nach der „Lagezeit“ ein Früher bzw. Später oder nach der „Modalzeit“ eine „Vergangenheit“ bzw. „Gegenwart“.

Einige durch die gegenwärtige Handlung ausgelöste Systemstrukturveränderungen sind retrograd bezogen (siehe oben, die „Trajektorien“), wie die Fälle t_5 und t_8 unterstreichen. Danach führen die Handlungen zur Strukturreflexion in „Gegenwart“ und „Zukunft“ bzw. „Späterem“ und „Früherem“, was aus Perspektive des „Späteren“ auch das „Gegenwärtige“ umfasst. Mit anderen Worten Handlungen des Systems beeinflussen strukturell die Systemzukunft bzw. das „Systemspätere“, t_5 bewirkt R_5 , t_8 bewirkt R_8 , usw.³³

³³ In der Mathematik beschreibt das *Tupel* die Menge aller Zustandsgrößen oder Zustandsmöglichkeiten, die eine bestimmte geordnete Reihenfolge zum Ausdruck bringt. Eine geordnete Abfolge von Gleichgewichtszuständen im Sinne eines Tupels lässt sich für offene, komplexe und dynamische Systeme nicht verallgemeinern, für eine bestimmte Systemart, aber auch nicht ausschließen.

5. Grad der Umkehrbarkeit von Entropie

5.1 Richtung der Entropieänderung im geschlossenen System

Die Qualität des Zustandes in einem geschlossenen System unterliegt, wie bereits betont, energetischen Transformationskräften. Obwohl ein statisches Gesamtergebnis vorliegt (=Makrozustand), besteht eine basale Transformation von Mikrozuständen, d. h. es vollzieht sich eine lokale Veränderung von Strukturelementen. Der wärmehaltige Teil des strukturellen Systemraums geht auf den kälteren Teil des Strukturkörpers über. Darin zeigt sich eine bestimmte einseitige Richtung der Transformation. Die Handlungsmöglichkeiten des Systemraums (siehe Abb.8) nehmen bei steigender Entropie, ab. Das folgende Beispiel zeigt anschaulich diese Qualität der Wärmediffusion: Ein Kühlschrank ist möglichst geschlossen zu halten, nicht, weil Kälte „herausfließt“, sondern weil Wärme aus dem Umfeld der geschlossenen Küche sonst in den Kühlschrank einströmt.

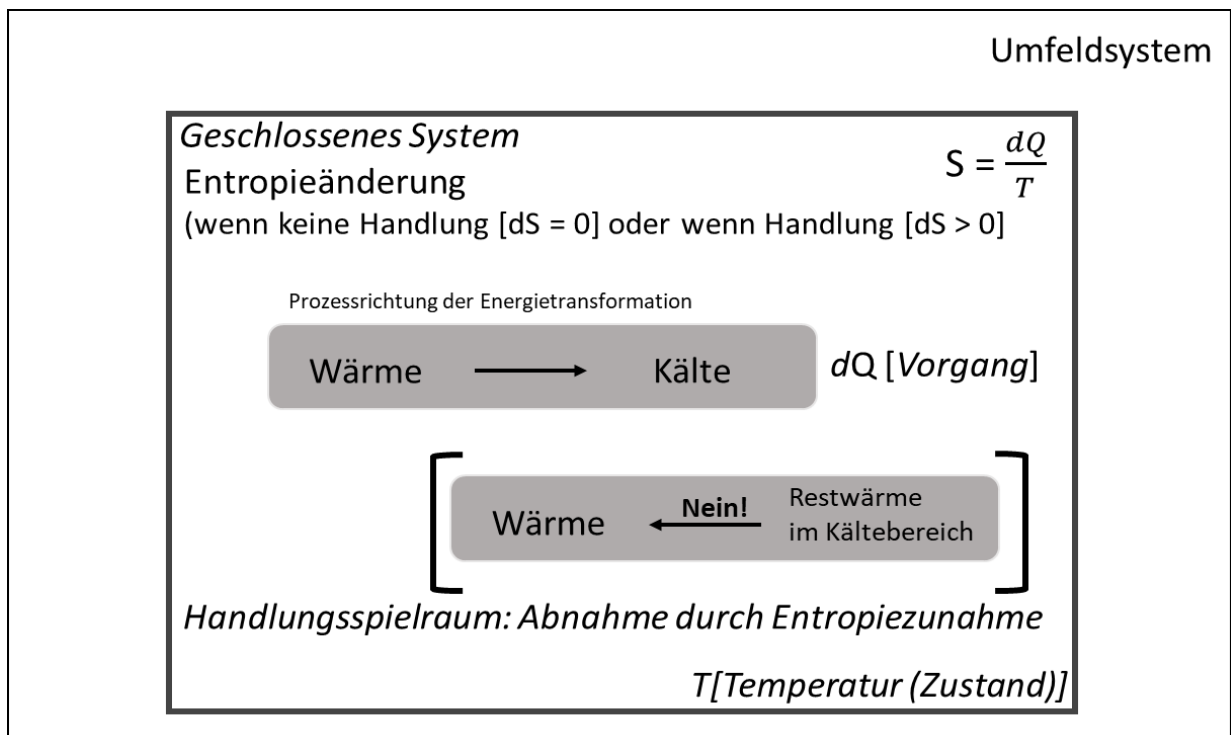


Abb.8: Irreversible Wärmediffusion – die physikalisch thermodynamische Grundlage von Handlungen im geschlossenen System

Abb.9 zeigt den Versuch, den Sachverhalt aus Abb.8 in Form eines Piktogramms wiederzugeben. Inhaltlich sind Abb.8 und Abb.9 demnach identisch. Das Piktogramm (II) weist auf die irreversible Wärmediffusion im geschlossenen System hin. Abkürzungen, grafische Elemente und formal logische Zeichen ersetzen weitgehend die ausformulierte Sprachkonstruktion auf dem Weg zu einer piktogrammschen Kommunikationslösung.

Die Legende unter dem Rechteck des geschlossenen Systemraums lässt sich, bei einem entsprechenden Bekanntheitsgrad der Thematik vorausgesetzt, auch entfernen, wenn die Darstellung weiter in Richtung Piktogramm weisen soll.

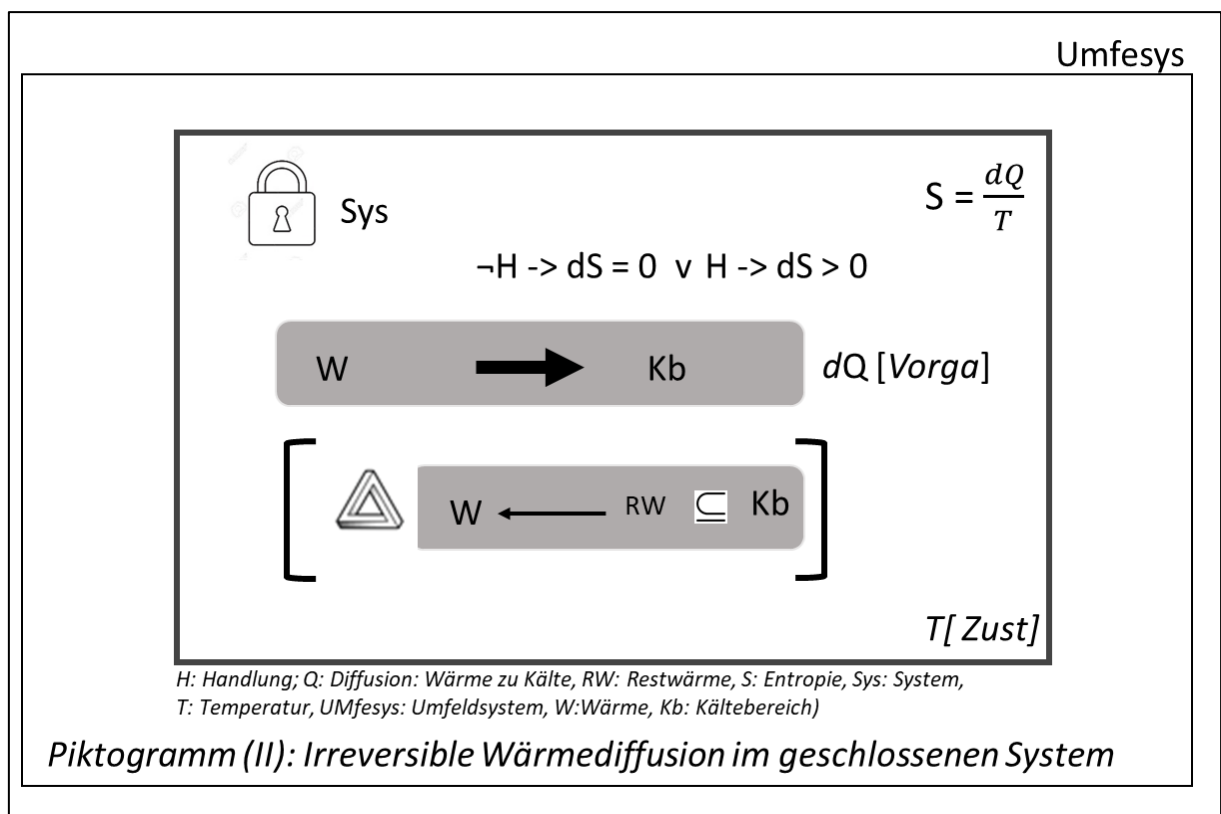


Abb.9: Piktogramm (II): „Irreversible Wärmediffusion im geschlossenen System“

Ein konkretes Beispiel des Sachverhalts „gerichtete Diffusion von Wärme zum kalten Bereich des Systemraums“, bietet Abb.10.³⁴

³⁴ Vgl. Müller (2025), S. 265f.

Zum Zeitpunkt t_1 besteht in einem geschlossenem Systemraum auf der linken Seite eine Temperatur von 50° . Durch eine Trennwand geteilt, ist auf der rechten Seite des Systemraums eine Temperatur von 10° . Erfolgt jetzt zum Zeitpunkt t_2 die Entfernung der Trennwand, kommt es nicht zu einer Bewegung von Restwärme der rechten Systemraumhälfte hin zu dem wärmeren linken Systemraum, sondern umgekehrt, die Systemraumwärme des linken Teils des Systemraums bewegt sich auf den kälteren rechten Systemraum zu. Die Wärmeverteilung läuft auf diese Weise solange ab, bis die Wärme im gesamten Systemraum zum Zeitpunkt t_3 gewandelt eine Durchschnittstemperatur von 30° ergibt, was der maximalen Entropie für das vorliegende Beispiel im Makrozustand entspricht.

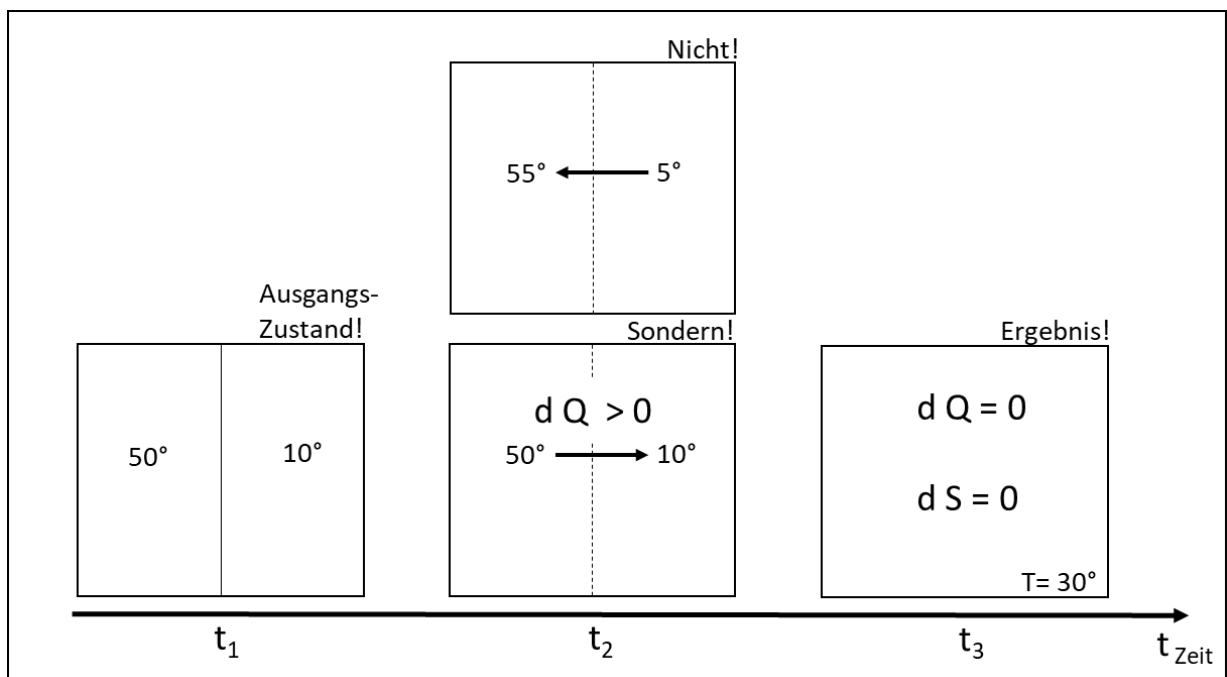


Abb.10: Temperaturbeispiel der Wärmediffusion im geschlossenen System

Aus der Irreversibilität der Transformationsrichtung oder der einseitigen Prozessrichtung der Handlungswirkung ergeben sich betrieblich relevante Konsequenzen.

Wahrnehmung physikalischer Fakten

Der natürliche physikalische Weg der Energierichtung vom warmen Bereich zum kalten Bereich des Systemraums ist für jede Einzelhandlung zutreffend und sie hat eine, zukünftige Handlungsmöglichkeiten, tendenziell einengende Rückwirkung auf das gesamte System. Mit anderen Worten: „Natürlicher Wärmetransport findet nur in Richtung des Temperaturgefälles statt.“³⁵

Die Unumkehrbarkeit eines derartigen Transformationsprozesses ist ein Faktum. Der reflektierende Beobachter, d.h. ein Entscheider im System, der unterscheidet und bezeichnet³⁶, realisiert: es bestehen wirksame naturphysikalische Kräfte im Betriebssystem, die ihre eigenen irreversiblen Gesetzmäßigkeiten haben und auch aus möglichen ideologischen ökonomischen Gründen oder persönlichen Opportunitäten, nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

Beispielhafte physikalische Teilprozesse der Fertigung und Herstellung (Aushärten, Trocknung, Energieeinsatz jeglicher Art (Kohle, Gas, Öl, Strom) sind ohne Energieaufwand von außen nicht rückgängig zu machen.

Grundsätzlich lässt sich eine einmal festgelegte Struktur thermodynamisch nicht rückabwickeln, also in den Anfangszustand des Systems ohne Wirkungskonsequenzen, zurückführen, sondern nur durch eine weitere Entscheidung in eine andere Strukturform überführen.³⁷

Das betriebliche Prozessmanagement erlaubt aktuelle, den Rahmenbedingungen angepasste Handlungen, die aktiv oder reaktiv sind. Tatsächlich kann der Idee eines Business (Process) Reengineering im strengen Sinne nicht wirklich gefolgt werden, die eine erreichbare Prozessoptimierung auf verbesserter Wissensbasis im Sinne eines idealen Zustands ohne Restriktionen, suggeriert (siehe unten, Kap. 5.2).

„Thermodynamisches Gleichgewicht“

³⁵ Heidemann (2016), S. 87

³⁶ Vgl. Simon (2009), S. 59-65; Spencer-Brown (1969), S. 3f.

³⁷ Vgl. Lauth/Kowalczyk (2022), S. 126

Die Entropieänderung im geschlossenen System findet ihren finalen Abschluss im Zustand des „Thermodynamischen Gleichgewichts“. Im thermodynamischen Gleichgewicht gibt es keine Veränderung, Bewegung, oder eine andere Form der Energietransformation; alles ist endgültig festgelegt, gebunden, situativ eingebettet. Übergänge, Transformation – Prozesse aller Art unterbleiben. Antriebskräfte bestehen nicht mehr (siehe Abb.11).

Die Systemelemente sind überall im geschlossenen System verteilt, die physikalische Ordnung ist in das höchste Maß der Unordnung übergegangen. Wärme erfährt keine Transformation mehr hin zur Kälte ($dQ=0$). Die Temperatur des geschlossenen Systems entspricht der maximalen Entropie, dem „Wärmetod“, der eigentlich eine missverständliche Allegorie für den Systemzustand ist, denn ein Verbrennen, Schmelzen – kurzum ein Prozess irgendwelcher Art von Transformation existiert in diesem Zustand nicht mehr.

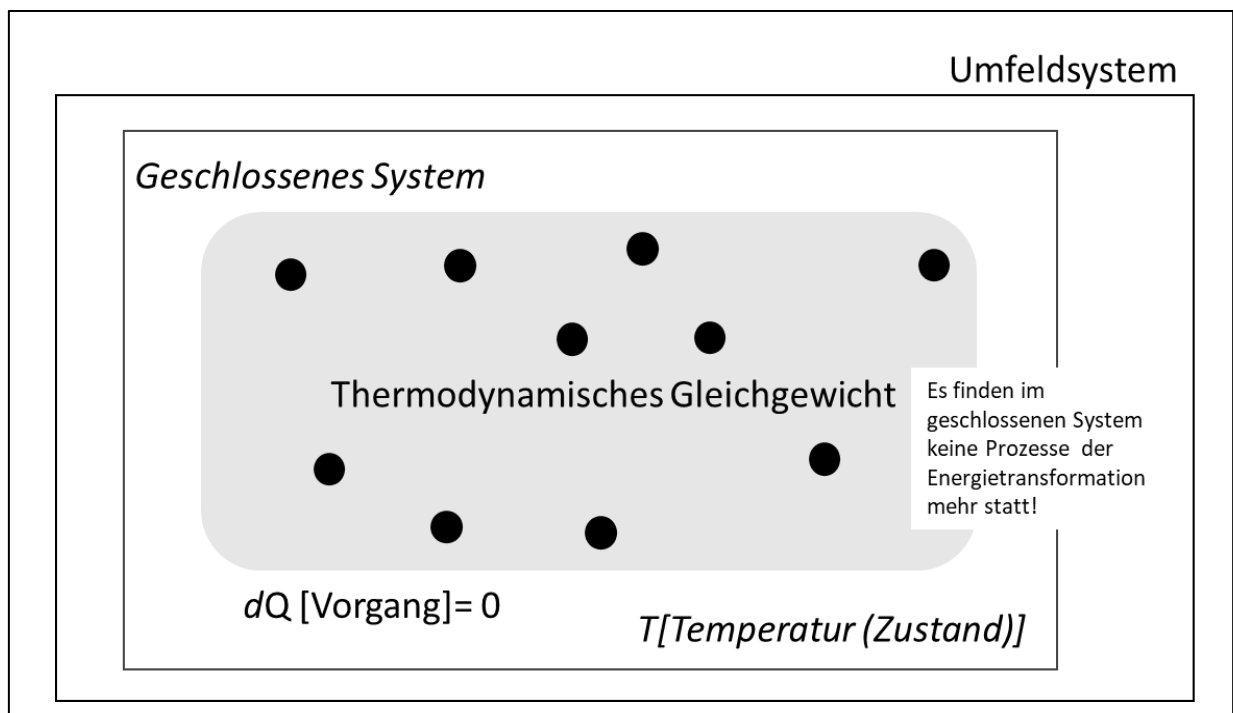


Abb.11: Thermodynamisches Gleichgewicht

Auch das „thermodynamische Gleichgewicht“ hat eine unmittelbare betriebliche Relevanz, die sich an den nachstehenden exemplarischen Punkten zeigt:

Handlungen, die einem thermodynamischen Gleichgewicht im ökonomischen, rechtlichen Sinn nahekommen, gibt es aus betrieblicher Sicht einige: Dazu gehört eindeutig der Zustand der Insolvenz, der Zahlungsunfähigkeit, der zur Beendigung des Unternehmens führt. Darüber hinaus bestehen aber auch andere Handlungsoptionen, die weniger augenfällig die Aufgabe von zukünftigen Handlungsoptionen für den Betrieb bedeuten könnten. In der Wahrnehmung der Betriebsführung gilt es den Unterschied zwischen evidenten Fakten und Meinungen bzw. Wertungen, bewusst aufzugreifen und zu reflektieren. Das was sich physikalisch nicht ändern lässt, damit ist gleichsam analog ein Zustand thermodynamischen Gleichgewichts verkörpert, ist als solche Restriktion auch offen anzusprechen.

Nicht zu verwechseln mit dem „thermodynamischen Gleichgewicht“ allerdings ist die „Stagnationsstrategie“ aus der Typologie der Strategischen Planung bzw. Unternehmensführung. Sie drückt sich beispielsweise aus in der Festlegung auf den Status quo der Marktpräsenz, die den eigenen Marktanteil erhält. Eine derartige Entscheidung entspricht einer aktiven Handlung, die Investitionen des Haltens ebenso nach sich zieht, wie entsprechende operative Aktionsprogramme. Ein solches Verhalten ist das genaue Gegenteil zu einem Zustand ohne Handlungen im „thermodynamischen Gleichgewicht“.

Das „wording“, die Ausdrucksweise des „Gleichgewichts“ unterstreicht häufig einen für das System vordergründig inhaltlich positiv besetzten, zufriedenstellenden Zustand, wenn es beispielhaft heißt, die Interessen der Arbeitnehmer und der Arbeitgeber müssten sich im Interesse des sozialen Friedens im Gleichgewicht befinden. Ein „Gleichgewicht“ erscheint in diesem Sinne als ein ausgleichender Zustand, der Handlungen aber ermöglicht, und nicht unterbindet. Ein solches Verständnis von Gleichgewicht hat mit dem thermodynamischen Gleichgewicht nichts gemein.

Das thermodynamische Gleichgewicht entspricht einem starren Handlungsrahmen, der keine Handlungsoptionen zulässt. Abschottung und Ignoranz, das bewusste Nichtwahrnehmen von Entwicklungen und das Aussitzen von Entscheidungen verringern den Raum zukünftiger Handlungsoptionen und erinnern an ein thermodynamisches Gleichgewicht.

Das Nachdenken, als Reflexivität, d.h. das Kontrastieren, Assoziieren, das Ästhetisieren (Farbe, Form, Funktion einer Sache wirken lassen), das Abgleichen, das Spiel aus Nähe

und Ferne, ist das Gegenteil zu einem thermodynamischen Gleichgewicht. Ohne Reflexion fehlen dem Betrieb Ideen, Entwürfe, Vorstellungen und Lösungen. In einem Zustand der Reflexionslosigkeit sind alle Freiräume aufgefüllt. Das System ist eingebunden, wie das Opfer einer Schneelawine, fixiert, unfähig zur Bewegung.

5.2 Richtung der Entropieänderung im offenen System

In einem offenen System, das durchlässig ist für Energie, Materie und Information aus dem Umfeldsystem, lässt sich die Entropierichtung umdrehen. Energie, Materie und Information von außen werden für das offene System zur negativen Entropie, mit den Worten von Schrödinger, Boltzmann und zuletzt von Leon Brillouin, zur „Negentropie“, also zu Wandlungskräften des Systems, die eine Reversibilität der Energietransformationsrichtung bewirken.³⁸ Dadurch lässt sich, im Gegensatz zur Situation in einem geschlossenen System, zum Zeitpunkt t_2 Restwärme aus einem kälteren Bereich des Systems in den wärmeren Systemraumbereich transformieren. Die Handlungsmöglichkeiten des Systemraums wachsen. Handlungen sind jetzt möglich, die der Irreversibilität der Wärmediffusion entgegenwirken.

Die Systemöffnung mit ihrer Hereinnahme von Energie ermöglicht einen Entropieexport durch das System in das Umfeldsystem. Für das Umfeldsystem, das die Entropie des Systems aufnimmt, werden die zukünftigen Handlungsmöglichkeiten tendenziell kleiner.

³⁸ Vgl. Krcal (2020), S. 12; Schrödinger (1951), S. 101

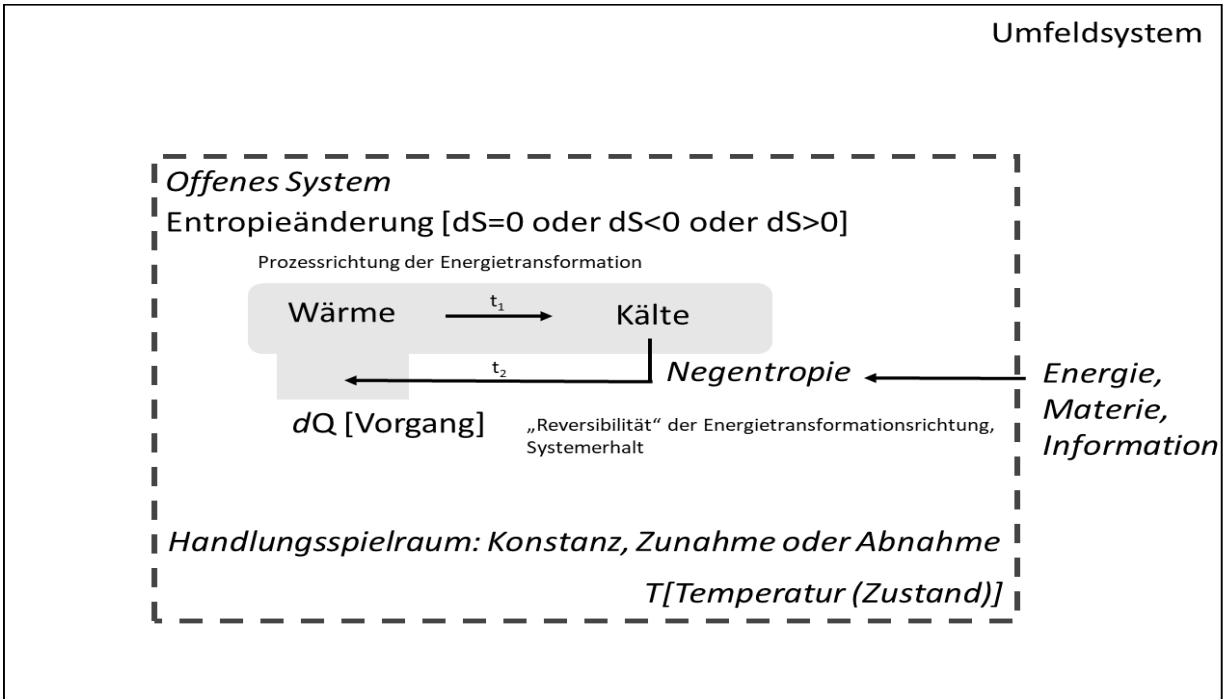


Abb.12: Handlungsabnahme und Handlungszunahme im offenen System

Abb. 13 zeigt das Piktogramm zu Abb. 12, dessen Inhalt unter weitgehendem Verzicht auf syntaktische Formen, lediglich grafisch und symbolisch, mitgeteilt wird.

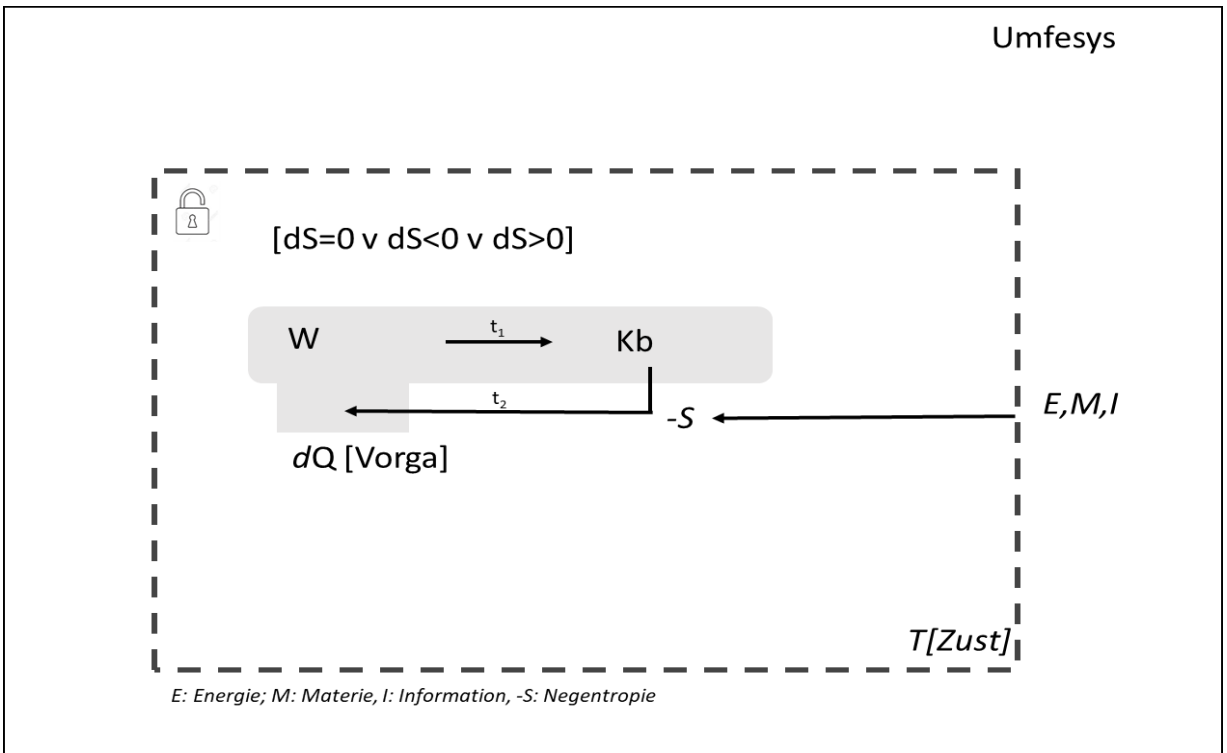


Abb.13: Piktogramm (III): „Wärmediffusion im offenen System – Systemerhalt und Negentropie“

Für das offene System ist die Zuführung von „Energie“ von außen, letztlich aller Ressourcenarten, die für den Systemerhalt notwendig sind, eine Schlüsselressource der für den Systemerhalt notwendigen Kräfte. Die Verfügbarkeit der diversen Ressourcenarten bedarf einer Überprüfung in Form einer Markt- und Branchenanalyse. Die Notwendigkeit zur internen und externen Ressourcenanalyse ist mit der Perspektive des offenen Systems verbunden, das den Durchlass von außen nach innen und vice versa ermöglicht. Der dafür benötigte Planungsaufwand ist mitunter erheblich und muss entsprechend abgeschätzt werden. Aus externen und internen unterschiedlichen Ressourcen entsteht die systemische Negentropie, also die Summe bedarfsgerecht transformierter Energieformen, d.h. konkret Energie direkt, Energie gebunden in Materie und Energie in strukturierter Signalform als Information, die den Systemerhalt garantiert.

Erst die Systemoffenheit eröffnet betriebswirtschaftliche Handlungsfreiheit. Die Ressourcenabhängigkeit von außen bedingt ein kooperatives Verhalten mit anderen Systemen, da Abhängigkeit des Systems von seinem Umfeldsystem besteht. „Arbeitsteilung“ und „Gegengeschäfte“ beispielsweise begründen ein gemeinsames Interesse, das aber nicht zur Gleichheit von System und Systemumfeld führt.

Betriebswirtschaftliche Konzepte, wie der lean management-Ansatz, daraus speziell das Kaizen - Prinzip für eine permanente Lern- und Veränderungsbereitschaft fordern zu situativ erforderlichen Handlungen auf, die ihre Ressourcenanforderungen an die Gegebenheiten anpassen.

Ist die Öffnung und Hinwendung zum Erforderlichen auf allen Ebenen praktiziert, bewirkt das letztlich einen Entropierückgang im offenen System.

Kaizen/KVP hinterfragt die gewachsenen Strukturen und Situationen u.a. in der Produktion: Eine permanente Lern- und Veränderungsbereitschaft ist Voraussetzung für eine stetige angepasste Strukturveränderung. Eine Seinsqualität, die Strukturen in Bewegung hält und keinen betrieblichen Zustand als unveränderlich begreift, leistet einen Beitrag zum Systemerhalt, insofern die Ressourcenlage es zulässt.

Im Gegensatz zum Fall des geschlossenen Systems kann das offene System bei hinreichender Qualität und Quantität der benötigten Ressourcen aus dem Umfeldsystem

mit seinem Prozessmanagement eine Prozessoptimierung anstreben, die an das Business (Process) Reengineering (BPR) erinnert (siehe dazu auch oben Kap.5.1). Die mit dem Ressourcenzufluss erzeugte Negentropie erlaubt in Teilen eine Umkehrung der Energietransformationsrichtung (Entropie) [z.B. mit einem Rostblocker wird der Eisenerosionsprozess verlangsamt]. Aber auch hier gilt, eine 1:1 Wirkungsrückkehr zum Ausgangszustand des Systems ist nicht erreichbar. Der „Rostfraß“ wird bei Einsatz des Blockers nicht ungeschehen gemacht. Der Versuch des BPR zielt auf Reversibilität ab und ist damit ein Gegenmodell zur Irreversibilitätseigenschaft geschlossener Systeme. Allerdings bleibt aus systemischer Perspektive der totale Anspruch des BPR unerfüllt, da im besten Fall eine Entropieabnahme, aber eben kein Zustand totaler Entropielosigkeit erzeugbar ist. Dieser wäre jedes Mal gegeben im Zustand einer idealen Systemkonfiguration, die das BPR suggeriert; sie ist aber unwirklich als Konkretisierung, jedoch realistisch als Idee.³⁹

5.2.1 Partialinklusion in diversen Systemarten

Unter einem System ist eine Gesamtheit, genauer, eine „geordnete Gesamtheit“, von Elementen zu verstehen zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen („oder hergestellt werden können“⁴⁰). Der thematische Bezug von „irgendwelchen Beziehungen“ bezieht sich auf die unterschiedlichsten Systemarten. Daraus sind einige der wichtigsten Systemarten für die Analyse von Handlungen im ökonomisch-gesellschaftspolitischen Umfeld im Folgenden dargestellt.

Zum Analysespektrum im Zusammenhang real wirklicher Betriebssysteme, wie es ein privates Unternehmen darstellt, gehören eine Reihe unterschiedlicher Systemarten (siehe Abb.14). Einige Systemarten aus dem Spannungsfeld Mensch, Ressource, Technik und Reflexion haben einen naheliegenden besonderen Zugang auf der Mesoebene⁴¹ der Betriebsorganisation, andere sind nicht unmittelbar einsichtig, aber

³⁹ Wirklichkeit ist eine Teilmenge der Realität. Die Realität enthält auch Ideen, die unmöglich sind im Sinne einer Konkretisierung.

⁴⁰ Ulrich (1970), S. 105

⁴¹ Die Mesoebene ist der fokussierte Analyseort einer institutionellen Struktur und deren Verhaltensweisen.

gleichwohl vorhanden, wie beispielsweise die denkbare Systemart „Beziehungsnetzwerk“, die beispielsweise die soziale Bindung „Bekanntschaft mit einem Kollegen aus der gemeinsamen Zeit bei einem früheren Arbeitsgeber“, zum Inhalt hat.

Der inhaltliche Systembezug fällt je nach Systemart sehr unterschiedlich aus. Die Auflistung über die Bandbreite der Systemarten in Abb.14 ist nicht vollständig und lässt sich je nach Betriebszweck weiter verlängern.

Die „Partialinklusion“ unterstreicht die Tatsache, dass ein Individuum über diverse „Rollen“, die es einnehmen kann, zum selben Zeitpunkt Mitglied in unterschiedlichen Systemarten ist. Über den „methodologischen Individualismus“, ein analytisches Prinzip zum Verständnis institutioneller Verhaltensweisen, lässt sich die mannigfaltige Mitgliedschaft auch auf der Mesoebene für einen Betrieb, Organisation und Institution begründen. Über die Qualität der betrieblichen Kommunikation beispielsweise entsteht dem Betrieb als „technisches System“ auch der Bezug als „soziales System“, usw.

Die Partialinklusion in Bezug auf gleichzeitige Mitgliedschaften in unterschiedlichen inhaltlichen Systemarten erhöht die Komplexität des betroffenen Systems.

In seiner ursprünglichen Form, die auf F.H. Allport (1933) zurückgeht, ist die Mitgliedschaft in verschiedenen Systemarten („partial inclusion“) auf „soziale Systeme“ begrenzt.⁴² Über diverse Rollen, z.B. der Mitarbeiter als Mitglied des Leitstandpersonals in der Bedienung von Maschinen, oder derselbe Mitarbeiter als „Kunde“, z.B. beim Jahreswagengeschäft, lässt sich die Partialinklusion auf nicht soziale Systemarten, erweitern. Letztlich sind menschliche Handlungen im technischen Systemumfeld auch mit Kommunikationsvorgängen verbunden (beispielsweise die digitalisierte Kodierung als Anweisung des Leitstandmitarbeiters an die Maschine), so dass über soziale Systemzugehörigkeit auch im Zusammenhang von „sozio-technischen“, „ökonomischen“ und „ökologischen“ Systemarten, argumentiert werden kann.

⁴² Vgl. Allport (1933), Allport (1937), S. 8f., 15

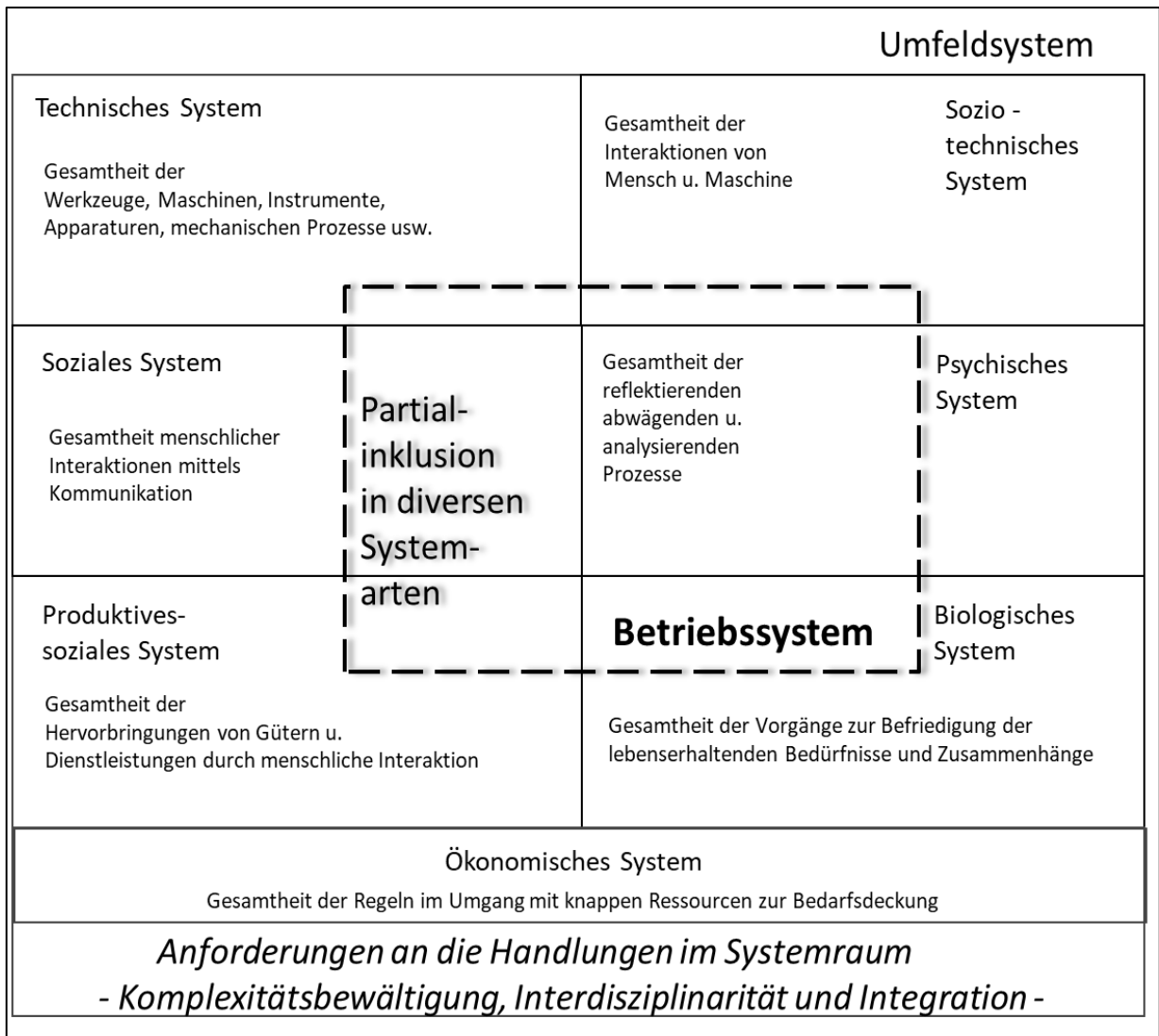


Abb.14: Partialinklusion des „Betriebes“ in diversen Systemarten auf der Mesoebene

Die Komplexität von Handlungen als Antwort auf betriebliche Herausforderungen ist im Allgemeinen hoch. Die basale Systemkomplexität ist durch strukturelle Vielfalt gegeben, die sich u.a. auf die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, deren Interaktionen, die Informationsmenge bzw. Qualität der Systembeschreibung, Entropie und die logische Tiefe der Systemanalyse zurückführen lässt.⁴³ Auch die Selektionsleistung selbst, d.h. die Anschlusshandlung des Systems zum Erhalt des Systems, ist Bestandteil der Systemkomplexität.

⁴³ Vgl. Bliss (2000)

Die Bewältigung einer derartigen Handlungskomplexität im System und der größeren Komplexität des Umfeldsystems mit seinen unterschiedlichsten Einflussfaktoren führt zur Notwendigkeit der Berücksichtigung eines breiten Spektrums thematischer Bezüge und Kenntnisse. Die begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen erfordert zusätzlich interdisziplinäres Know-how und eine weitgehende Abstimmung der Handlungen. Eine Systemöffnung für *Interdisziplinarität* ist daher unabdingbar, die von diversen Systemarten getragen ist.

Themenfelder gleichzeitig zu analysieren geht nur in Arbeitsteilung. In Konsequenz führt eine arbeitsteilige Handlungsspezialisierung zu Produktivitätsvorteilen bei der Handlungsdurchführung. Eine Aufteilung von Handlungen nach Themenfeldern setzt allerdings dichotome theoretische Systembezüge voraus: Kommunikationsprobleme die auftreten, betreffen das soziale System, Produktmängel, betreffen das technische System, Übergänge von Mensch und Technik, Stichwort Grad der Digitalisierung am Arbeitsplatz, betreffen das sozio-technische System usw. Voraussetzung für eine Analyse ist daher die Benennung der zugrundeliegenden *Systemart*. In der Wirklichkeit verbinden sich die diversen Systemarten zu einem Betriebssystem, in dem, z.B. wie im Fall von „Kommunikationsproblemen“, jeweils das soziale, technische und sozio-technische System zeitgleich tangiert sind.

Konkrete Handlungsbezüge des Betriebes weisen auf gleichzeitige Mitgliedschaften in unterschiedlichen Systemarten hin. Bei der Zusammenstellung eines Projektteams beispielsweise ergibt sich optimaler Weise, wenn System- bzw. Subsystemkulturen nach ihren inhaltlichen Bezügen unterschieden werden (z.B. Techniker vs. Kaufleute oder Betriebsrat vs. Vertreter der Eigentümerinteressen) eine Sensibilisierung für diverse unterschiedliche Fachkulturen.

Das betriebliche „Schnittstellenmanagement“ ist ein weiteres betriebliches Tätigkeitsfeld, das unterschiedliche Systemzugehörigkeiten betrifft. Als Bestandteil des Prozessmanagements geht es beim Abgleich von Systemgrenzen um die Klärung von Quelle-Senke-Beziehungen, die Definition von Übergabestellen, die Identifikation von Ansprechpartnern und die Klärung von Häufigkeitsverteilungen in den Verläufen der Ablaufstruktur. Die Integration, d.h. die Einbindung bzw. Beteiligung der Betroffenen, und die Abstimmung der zugrundeliegenden Interessen, sind damit einhergehende Optimalitätsforderungen.

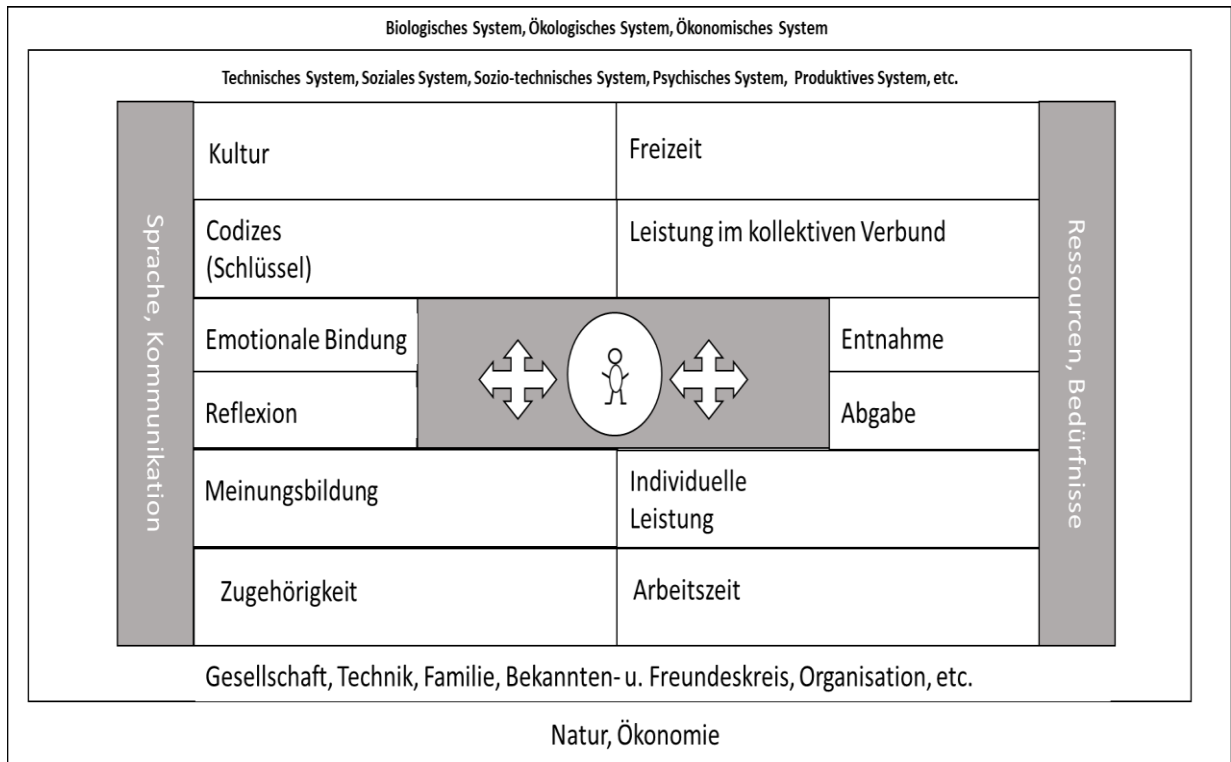


Abb.15: Partialinklusion des „Menschen“ in diversen Systemarten auf der Mikroebene

Die Summe aus der Partialinklusion des Betriebs (Meso-Ebene) in diversen Systemarten und den Systembeiträgen durch Partialinklusion des Menschen (Mikro-Ebene) ergeben für die Handlungen im Systemraum eine Fülle unterschiedlichster thematischer Bezugspunkte (siehe Abb.15). Aus der Interaktion resultierende Anforderungen und Potenziale sind für den Systemerhalt essentiell.

Der Mitarbeiter als „Betriebsangehöriger“ ist als komplexes System „Mensch“, für das Partialinklusion gilt (siehe Abb. 15), in vielen Systemmitgliedschaften gebunden.

Der Mitarbeiter als biologisches System ist bei der Berücksichtigung seiner Bedürfnisse auf die Entnahme von Ressourcen aus der natürlichen Umwelt (Natur) und auf die Abgabe von Stoffen (zum Entropieabbau) an die selbige, angewiesen (siehe Tab.1). Die Knappheit materieller und nicht materieller Ressourcen zwingt zum folgerichtigen Umgang mit knappen Ressourcen im System der Ökonomie. Dort wird durch den persönlichen individuellen Leistungsbeitrag im Rahmen der „Arbeitszeit“ die Einbindung zwischen dem kollektiven Betriebssystem und dem individuellen System des Mitarbeiters geschaffen.

Der individuelle Leistungsbeitrag transformiert sich im kollektiven Verbund zu einer produktiven Systemleistung als Ware oder Dienstleistung. Aus Perspektive des Betriebs ist die produzierte Systemleistung das Produkt, aus Perspektive des Mitarbeiters ist das bereits eine erfolgreich beendete Aufgabenstellung als Systemleistung des Mitarbeiters.

Tabelle 1: Individuelle Beiträge zum Betriebssystem durch Partialinklusion der handelnden Akteure in diversen Systemarten

Kollektive Zusammengehörigkeit in Systemarten	Individuelle Beiträge zur systemischen Struktur
<i>Gesamtheit von Einzelhandlungen (Elemente) zwischen denen getriebene und thematisch fokussierte Beziehungen bestehen.</i>	<i>Individuelle Einzelhandlungen (Elemente) tragen zur ganzheitlichen Systemleistung bei.</i>
Soziales System	Kommunikation (Mitteilung, Information, Verständnis), u.a. Codizes als Schlüssel zum Verständnis.
Biologisches System (zentraler Systemträger des Betriebssystems)	Entropieabbau durch Nahrung, Schutz, Schlaf, Hygiene, menschliche Ausscheidungen, kognitive Interaktion.
Psychisches System	Gedanke, Idee, Entscheidungsprozesse, Gefühlsbindung, Meinungsbildung, Vernunft (Meinung ≠ Bewertung ≠ Faktum).
Ökonomisches System	Umgang mit Ressourcenknappheit und Wahrnehmung von Bedürfnissen.
Unternehmenskulturelles System	Regeln und Verhalten der Zusammengehörigkeit, Kohäsion, Werte.
Technisches System	Mechanistische Abfolgen, Funktionen der Apparate, Werkzeuge, Instrumente als Mittel und Zweck.
Sozio-technisches System	Überwachung (Kontrolle), Einsatzführung Instrumenteneinsatz (Werkzeug), Disposition, Anleitung.
Produktives soziales System	Güter (immaterielle, materielle): Produkte, Dienstleistungen, Baupläne.

Mit den „Freizeit“-Beiträgen ist der Übergang des Mitarbeiters zu den Systemmitgliedern „Familien“- „Bekannt“- und „Freundeskreis“ vollzogen. Auch erwächst in der Organisation der Technik, dem Verhalten im Familienverbund, in den rollenspezifischen Betriebsfunktionen usw., die komplexe Zugehörigkeit zum „gesellschaftlichen System“. In der gesellschaftlichen Systemzugehörigkeit überlappen sich Systemarten zu einem System höherer Komplexität. Das System Gesellschaft verfügt über Subsysteme der

Technik, der Familien-, der Bekannten- und Freundeskreise und anderer diverser institutioneller Strukturen.

Bedürfnisse und Ressourcenknappheit bedingen die Aufteilung in Arbeit, Nichtarbeit (Freizeit), isolierte individuelle Handlungen und Beiträge im kollektiven Umfeld. Zusätzlich kommt es zu Entnahmen und Abgaben an die natürlichen Medien der Natur.

Kommunikation (d.h. nach Niklas Luhmann Mitteilung, Information und Verständnis) durch Sprache bedingt die Mitgliedschaft in sozialen Systemen. Kultur, d.h. die Summe der Werte, Normen, Artefakte und Wirklichkeitskonstruktionen, prägt sprachliche Codizes des gegenseitigen Verständnisses, aber auch Unverständnis bleibt. Sprachliche Schlüssel führen zu emotionaler Bindung, Meinungsbildung und Zugehörigkeit. Das bewusste Nachdenken (Reflexivität) des Mitarbeiters über seine Rollen in Bezug auf den Betrieb ist eine spezifische Selektionshandlung des Individuums. Für das System Betrieb ist diese Wirkung, aufgrund der individuellen Beiträge nicht zu unterschätzen.

5.2.2 Grad der Systemdurchlässigkeit

Alle Systemarten sind durch ihren Grad an Geschlossenheit und Isoliertheit gekennzeichnet. Der Austausch zwischen dem Umfeldsystem und dem System vollzieht sich über ein Medium der Materie, die eine Massensubstanz mit räumlicher Ausdehnung ist, über Informationen als sinnvermittelnde Zeichen bzw. Datenelemente und Energie, die wirkende Kraft.

Geschlossenheit und Isoliertheit

Ein geschlossenes System ist undurchlässig für Materie und Information, aber durchlässig für Energie. Ein geschlossenes und isoliertes System ist undurchlässig für Materie, Information und Energie (siehe Abb.16).⁴⁴ Geschlossenheit ist demnach keine Sperre für den Transfer von Energie, aber für Materie und Information.

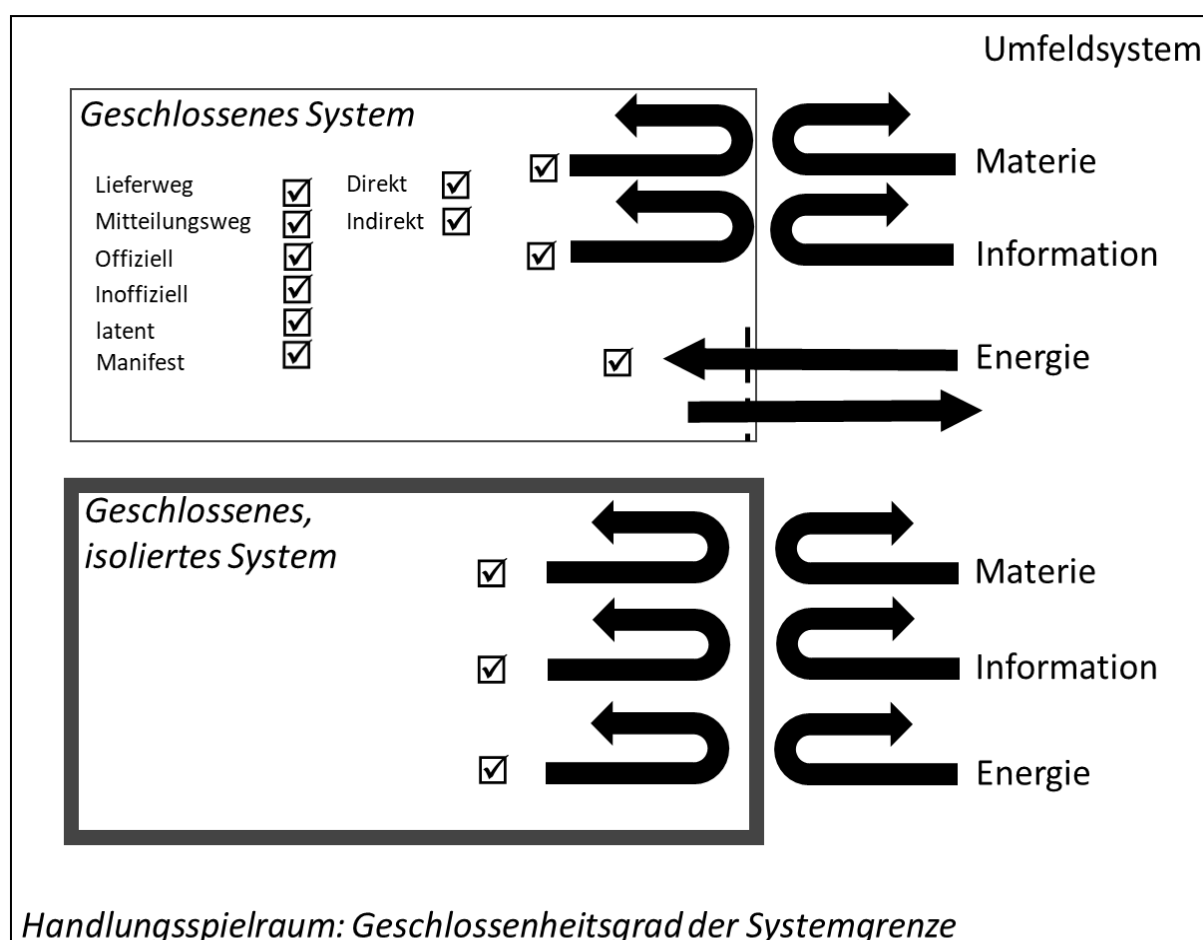


Abb.16: Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System

Abb. 17 beschreibt den Sachverhalt aus Abb.16 als Piktogramm. Die Geschlossenheit eines Systems erweist sich in beide Richtungen: von außen nach innen und umgekehrt. Zur Herstellung von Geschlossenheit benötigt das System Ressourcen, die seine Handlungsfähigkeit, gewährleisten. „Zäune zu errichten“ bedingt jedoch seinerseits einen Ressourcenverbrauch und behindert den Austausch von Materie und Information.

⁴⁴ Vgl. Müller (2025), S. 130; Hahne (2004), S. 29

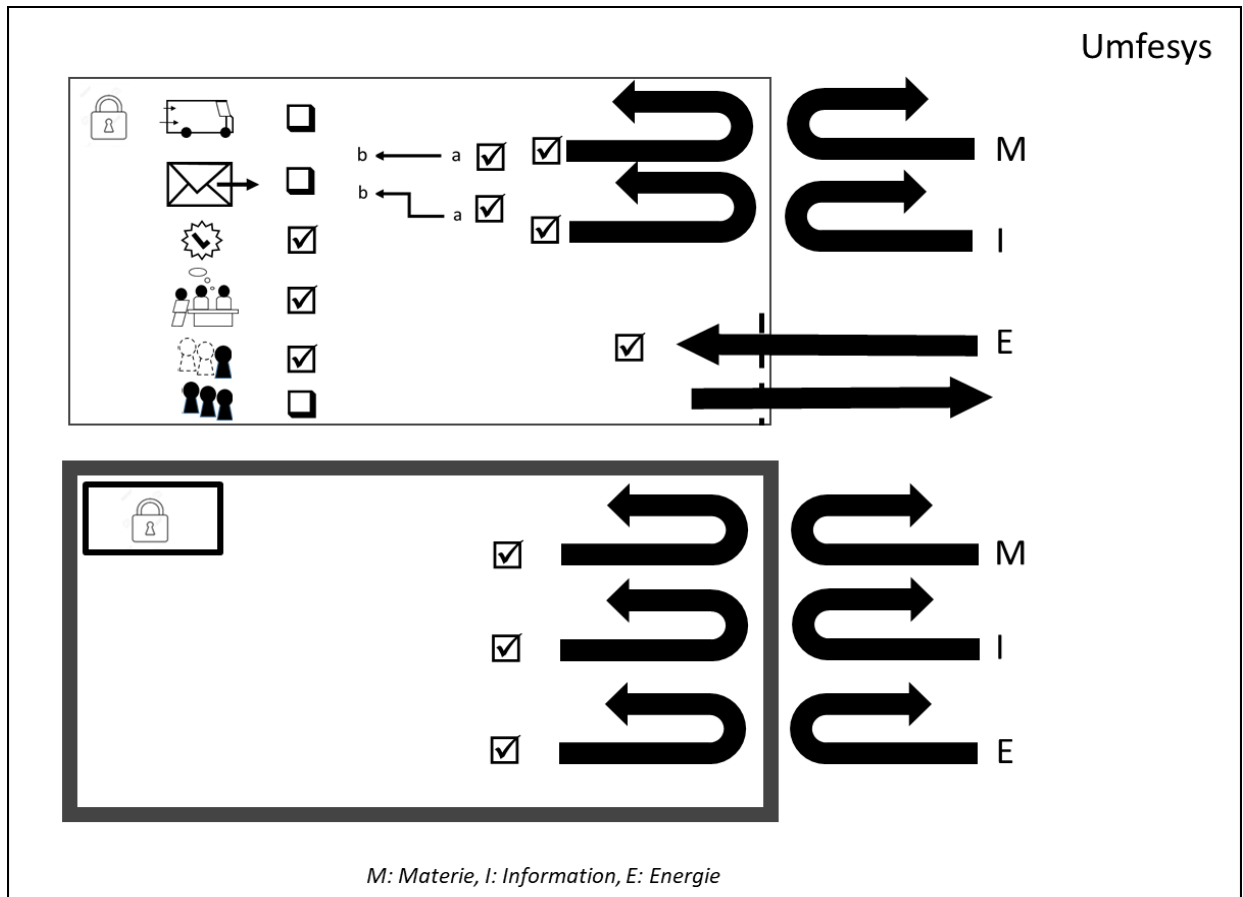


Abb.17: Piktogramm (IV): „Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System“

Für den internen Handlungsspielraum bedarf es der Materie, Information und Energie von außen, gleichzeitig ist aber auch der Export von Entropie nach außen essentiell. Beides ist bei einem geschlossenen, isolierten System nicht möglich.

Der Aufwand für die Herstellung der Geschlossenheit ist vor dem Hintergrund der damit verbundenen Systemziele abzuschätzen, da ein geschlossenes System grundsätzlich nicht für Energie undurchdringlich ist. Beabsichtigte Geschlossenheit, um ein bestimmtes Medium vom Zugang abzuhalten kann auch unerwünschte Nebeneffekte für benötigte Medien bedeuten.

Die Frage nach der graduellen Beschaffenheit der Systemoffenheit ist immer in Kombination mit der Entropieentwicklung zu sehen. Große Entropieentwicklung verlangt nach Systemöffnung.

Ist gleichzeitige Partialinklusion eines Systems in unterschiedlichen Systemarten bereits Ausdruck seiner Systemoffenheit? Systemmorphologisch ist die Antwort eindeutig: Alle

in Partialinklusion verbliebenen Systemarten sind offene Systeme durch die Qualität eben dieser strukturellen partiellen Mitgliedschaft.

Auch die Umwandlung der Substanz „Energie“ durch formende Prinzipien, ergibt Systemoffenheit. Neben Energie in Form von Kraft/Wärme ist Energie als Wille, Motivation, Hartnäckigkeit usw. erfahrbar, die eine Transformation von Materie und Information bewirken.

Erst in einem geschlossenen isolierten System, im Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts, verliert Energie ihre Wirkung.

Was bedeuten Geschlossenheit und Isoliertheit für ein wirkliches Betriebssystem? Plant ein Betrieb in seinem Branchenumfeld die „Abschottung“ gegenüber Wettbewerbern, z.B. in Form eines Sicherheitskonzepts, sind seine Abriegelungsmaßnahmen gegenüber dem Umfeldsystem, im Allgemeinen bewusst gewählt.

Vom Zustand eines „Zutrittsverbots“, über „Sicherheitsstufen“, die Sperrzonen beinhalten, und architektonisch kanalisiertem Zugang über Schleusen, Tore, Schranken, selektiven Zugangsberechtigungen und Schaltereinrichtungen – eine hermetische Abriegelung im Sinne von absoluter totaler Isoliertheit gegenüber dem Umfeldsystem ist für technische oder architektonische Systeme physikalisch theoretisch beschreibbar, für soziale Systeme aber aufgrund der Partialinklusion seiner Mitarbeiter, nicht erreichbar. Es bestehen neben dem bewusst zugelassenen Kontaktumfang als Maß an Durchlässigkeit und zugelassener Transparenz mit dem Umfeldsystem, auch ungeplante, unerwünschte Durchlässigkeiten, die die Vorstellung einer totalen isolierten Systemgeschlossenheit ad absurdum führen.

Die absolute Abwehr von Wirtschaftsspionage durch Werkschutzmaßnahmen, wie Zäune und Sperren, ist kaum möglich. Auch die innerbetriebliche Systemgeschlossenheit zur Vermeidung unerwünschter Einflüsse wie das betriebsschädigende Verhalten eigener Mitarbeiter, in Form von Vandalismus, Sabotage und Diebstahl, ist nur annäherungsweise zu erreichen. Unerwünschtes Verhalten ist aber nicht durch systemische Geschlossenheit oder gar Isoliertheit, vermeidbar.

Dass Geschlossenheit und Isoliertheit, neben dem bereits festgestellten Grad basaler Ressourcenabhängigkeit des Systems von dem Umfeldsystem, auch grundsätzlich

nicht im elementaren ökonomischen Interesse eines Betriebes liegen, zeigen die spezifischen Funktionsbeispiele des „F&E Bereiches“ und der „Öffentlichkeitsarbeit“. Der F&E-Bereich öffnet sich durch die Beteiligungsmöglichkeit von Mitarbeitern aus den unterschiedlichsten Funktionsbereichen seines Betriebes im Rahmen eines Ideenmanagements. Durch die Partialinklusion der Mitarbeiter profitiert die Produktentwicklung von äußeren Informationszuflüssen.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit eines Betriebes ist die Bereitschaft die Öffentlichkeit, Lieferanten, Kunden, aber auch Wettbewerber zu informieren, ein zentraler Aspekt. Im Dialog gehen nicht nur Informationen nach außen, sondern auch Informationen von außen kommen in das Betriebssystem, z.B. in Form der Öffentlichkeitsreaktionen.

Da insgesamt eine isolierte Geschlossenheit des Betriebssystems praktisch unerreichbar bleibt, und auch nicht aus den dargelegten Gründen erstrebenswert erscheint, ist nun ein Blick auf die Qualität der Systemoffenheit lohnend.

Systemoffenheit

Mit der Negentropie, also der negativen Entropie, ist die Handlungsfreiheit für das System wiedererlangt. Die Negentropie befähigt das System zum Export der Entropie in das Umfeldsystem. Dadurch sind u.a. Systemhandlungen zur Revision negativer Systemwirkungen vergangener Handlungen möglich, beispielsweise durch aufgebrauchten Rostblocker der Stopp von Korrosion an einem Eisenträger. Die durch Rost vormals abnehmende Handlungsfähigkeit des Systems ist gestoppt, die Festgelegtheit des Systems gelöst.

Für eine Handlung im Kontext der Systemoffenheit des handelnden Systems ist jenseits der „Ressourcenfrage“ (siehe oben „2.1.5 Empfehlungen für ein betriebliches Ressourcenmanagement“) von Interesse auf welchem strukturellen Weg die „Grenze“ des Systems überschritten wird. Die Qualität der Transformationskanäle, die Systemgrenzen überwinden, ist vielseitig. Die Systemoffenheit ist für die Medien „Materie“, „Information“ und „Energie“ (siehe Abbildung 16, 17 und 18) die Durchlässigkeit zwischen Außen und Innen. Für die Hereinnahme von „Materie“ (z.B. in Form von Baustoffen, Zulieferteilen, technischen Geräten, Steinkohle, Lebensmitteln etc.) ist der *Lieferweg* eine makro- und mikrologistisch beschreibbare Traverse zwischen Außen und Innen. Auch für „Energie“, in Form von Strom, ist ein Lieferweg als bestimmte Entfernung einer Ware zwischen

Lieferant und Kunde, klassifikatorisch nachvollziehbar. „Informationen“ werden als Signale mitgeteilt, gesendet, aber nicht im materiellen Sinne physisch „geliefert“. Deren Transfermedium ist dann der *Mitteilungsweg*.

Offiziell heißt, der betreffende Vorgang ist autorisiert vom Sender, z.B. die Endfassung der Mitteilung, die auf dem Weg zum Empfänger geschickt wird. Träger des Offiziellen können gleichermaßen „Materie“ und „Information“ sein. Materialien und Informationen sind hingegen auf *inoffiziell*em Weg nicht nach akzeptierten und dafür vorgesehenen Normen unterwegs. Unklarheit über Ursprung und Verbleib von Material und Informationen bleibt bestehen. Gegenüber Dritten ist die Authentizität der transferierten Stoffe (Material, Information) nicht garantierbar und nicht öffentlich dokumentiert.

Latent, d.h. unterschwellig oder nicht offenkundig, bedeutet, dass ein raum- und platzgreifendes Vorhandensein von Etwas besteht. Eine unsichtbare, verborgene Qualität des Seins liegt vor. Informationssignale zwischen den Textzeilen, die in ihrer Bedeutung zunächst nicht erkannt werden, eine unbekannt chemische Zusammensetzung von Materie, oder abstrahlende Felder der Energie sind beispielhaft für das Unterschwellige denkbar. Latente Seinsqualitäten sind als etwaige Suchräume (Potenziale) für Handlungen zu begreifen.

Die Seinsform des Gegenteiligen ist das *Manifeste*, das Augenscheinliche, das wirklich Konkrete.

Die Frage der *Direktheit* bzw. *Indirektheit* tangiert den Aspekt der Wegequalität. Beispielweise konkret betroffen sind die kurze oder lange Distanz des Weges zum Ziel, die Unmittelbarkeit oder Mittelbarkeit von Handlungen und der Einsatz von Intermediären, dazwischen geschalteten Mittlern und erklärenden Institutionen.

Die „Negentropie“ erlaubt Systemhandlungen, die für das System „Betrieb“ die Qualität von Anschlusshandlungen haben. Anschlusshandlungen garantieren den strukturellen Systemerhalt. Skizziert stellt sich das auszugsweise und exemplarisch, wie folgt dar: „Materie“ wird als Lieferteil eingekauft, durch Systemhandlungen wie Fertigungs- und Montageleistungen mit Mehrwert versehen transformiert, und an das Umfeldsystem abgegeben, woraus Kapitaleinnahmen entstehen, die den Betrieb wiederum zum Einkauf

von Lieferteilen befähigen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob das Leistungsspektrum materielle Produkte oder immaterielle Dienstleistungen, umfasst.

Auch führt die Negentropie mitunter zur vordergründig paradoxen Situation, dass die von außen benötigte Ressourcenqualität auch wieder in nicht unerheblichen Quantitäten durch das System nach außen abgegeben werden. Erfährt beispielsweise der von außen bezogene „Primärenergieträger“ (z.B. Kohle) durch das System eine Transformation (durch ein werkseigenes Kraftwerk), so werden Energieüberschüsse wiederum an das Umfeldsystem in Form der Einspeisung von Strom in das öffentliche Netz, abgegeben.

Negentropie, zeigt sich ferner u.a. in der Abgabe von Abfällen, in allen Formen von Emissionen, platzschaffenden Abbaumaßnahmen, wie Materialbestandsabbau, oder Leerungen, z.B. von Tanks und Zylindern. Das System schafft sich dadurch einen zukünftigen Handlungsspielraum, da es offen seine Entropie zulasten des Umfeldsystems abbaut.

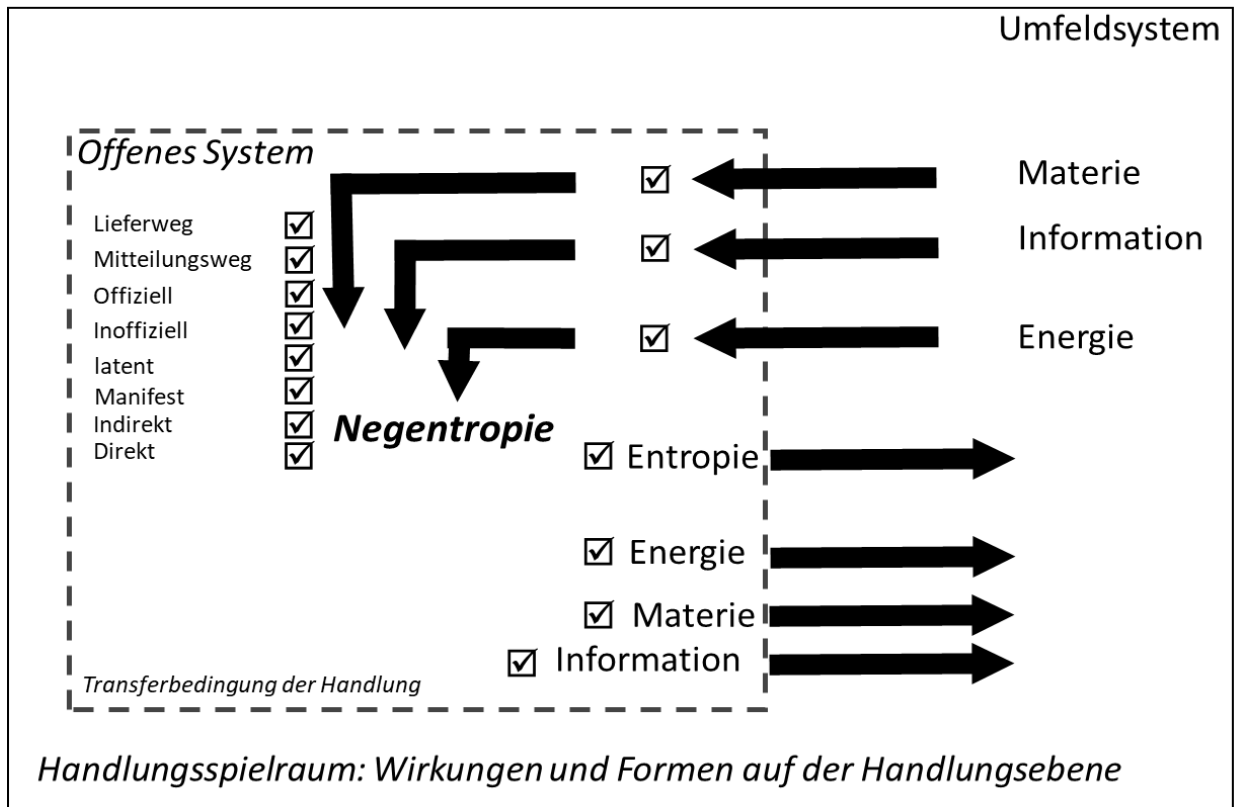


Abb.18: Transferebenen für das offene System

Der gezeigte und erläuterte Zusammenhang von Abb. 18 ist piktogrammisch gegenüber Abb.19.

Für den Systemerhalt ist die Identifikation der für den Systemerhalt notwendigen negativen Entropie (Negentropie) elementar. Der „Entropieexport“ verlangt nach einer genauen Erfassung und Klassifikation seiner Beschaffenheit und Umfangs. In Abfallbilanzen ist zu erheben, was, woher, in welchen Mengen und wann als „gebundene“ Wirkung einer Handlung auftritt; nicht nur Abfälle, Reststoffe, Abwasser, jegliche Form von Emission, sondern auch die Transformationsbedingungen von Ressourcen in Güter, sind zu beachten. Je klarer das Bewusstsein für die entropischen Wirkungen, desto besser kann das System seine selektiven Handlungen tätigen. Aus dem Umfeldsystem zugeführte Energie ist die Basis für die differenzierten Formen der Negentropie, die das System einsetzt zur Erfüllung seiner Systemoperationen.


Grundlage für die physikalische Negentropie sind die materiellen Ressourcen. Die Identifikation der Negentropie setzt bei der Ressourcenqualität an, die eigene Fragen aufwirft, wie: welche Art von Ressource ist notwendig, in welchem Umfang, zu welchem Zeitpunkt, in welcher Regelmäßigkeit und woher kommen die Ressourcen?


Die Untersuchung der Qualität von Ressourcen, wie Material (Zulieferteile), Betriebsstoffe, Betriebsmittel, Kapital und Ideen orientiert sich auch an der Stetigkeit der Systemoffenheit einer verlässlichen Lieferquelle. Die von außen bezogene Energie ist größtenteils gebunden in den Ressourcen Material, Arbeit, Ideen, und Kapital, aber auch buchstäblich in Form von Wärme, technischen Gasen, Strom, Öl und Kohle. Zusammengefasst ist für das offene System der transparente Versorgungsgrad mit Materialien und Informationen aller Art, zusammen mit der Bedarfsdeckung an Primärenergieträgern und Sekundärenergie, maßgeblich.

5.2.3 Gleichgewichtsarten im offenen System

Die Analyse von Gleichgewichten kennt unterschiedliche Gleichgewichtszustände, auch als ‚steady state‘ Zustände bezeichnet. „Stetige Zustände“ drücken eine Qualität der dauerhaften Erstreckung variierender Zustände aus. Stetig heißt nicht zwangsläufig bewegungslos, sondern es umfasst als Zustandsqualität sowohl die permanente Veränderung, als auch das stetige bewegungslose Gleichsein. Ersteres Phänomen wird als „dynamisches Gleichgewicht“, letzteres als „statisches Gleichgewicht“ diskutiert.

Das Bild einer Kugel in einer Schale liegend ist für das Verständnis des Sachverhalts des Wechsels von Ruhe und Veränderung hilfreich.

 Das statische Gleichgewicht ist ein stationärer Zustandspunkt.⁴⁵ Die Kugel ruht am Boden der Schale.

Das dynamische Gleichgewicht kennt Schwankungen als Strukturbestandteile. Schwankungen (Oszillationen) bei dynamischen Gleichgewichten kommen in Pendel- bzw. Kreisbewegungen, Rundbahnen, Abfluss- und Zuflusswechsel, etc. zum Ausdruck. Die Kugel als Systemelement bewegt sich in der Schale hin und her, aber nicht über  eine bestimmte Rundbahn, als Ausdruck einer bestimmten Strukturordnung, hinaus, bis sie am Boden der Schale, wie bei einem statischen Gleichgewicht zur Ruhe kommt.

Nicht jedes dynamische Gleichgewicht geht über in ein statisches Gleichgewicht. Bei einem „Fließgleichgewicht“, einer Variante des dynamischen Gleichgewichts, kommt die Bewegung nicht zur Ruhe.

Einen Zustand als „Gleichgewicht“ zu bezeichnen, impliziert, dass zuvor eine Bewegung stattgefunden haben muss. Denn eine Struktur in ihrem originären Entstehungszustand braucht keine Kennzeichnung als „gleich – bleibend gewichtet“; sie ist es eo ipso. Das ändert sich, wenn ein äußerer Impuls die Systemstruktur zu Reaktionen veranlasst. Erst nach Abschluss der Reaktion macht es Sinn über die Struktur zu sagen, sie befinde sich wieder im „Gleichgewicht“.

Ist es vorstellbar, wie es mit dem Bild der Kugel, die aus der Schale springt und dann außerhalb der Schale auf einem Tisch zur Ruhe kommt, allegorisch beschrieben ist, dass bei einem „dynamischen Gleichgewicht“ eines Systems, das kein Fließgleichgewicht ist, ein Systemelement außerhalb des Systems, also im Umfeldsystem zur Ruhe kommt und es sich weiterhin um ein „dynamisches Gleichgewicht“ handelt?

Nach der alten Systemstruktur ist die rollende Kugel in der Schale ein dynamisches Gleichgewicht, das zu einem statischen Gleichgewichtszustand wird, wenn die Kugel

⁴⁵ Vgl. Teune (1988), S. 29f.

zur Ruhe kommt. „Schale, Tisch und Kugel“ hingegen bilden eine neue Systemstruktur, die von der alten ursprünglichen Struktur mit der Kugel in der Schale (System) unterscheidbar ist. Die neue Systemstruktur findet einen statischen Gleichgewichtszustand, der sich aber nicht mehr in einem „Dynamischen Gleichgewicht“ der anfänglichen Systemstruktur befindet.

Die Vielfalt bestehender Gleichgewichtsarten, auch jenseits des „Dynamischen Gleichgewichts“, macht eine klassifikatorische Einteilung notwendig, deren grafische Grundlage Abb.22 ist, die alle behandelten Systemgleichgewichtsformen visuell zusammenfasst. Gleichgewichtszustände unterschiedlichster Art sind im offenen System am Wirken. Die nachstehend aufgeführten Gleichgewichtszustände sind als Handlungsreaktionen auf Ereignisse im Zeitablauf t_0 bis t_n erratisch möglich. Sie sind als Ausschnitte des Systemraums skizziert (siehe Abb.22).

Die grafische Orientierung erfolgt dabei an Zustandsvarianten, wie sie aus der Physik bekannt sind. Für materielle Systemarten und Strukturen (z.B. ein technisches System, architektonisches System, Fertigungsprozesse usw.) ergeben sich daraus direkte Zusammenhänge.

Für das „soziale System“ erschließt sich über die Kommunikationsanalyse ein indirekter Zusammenhang zu Gleichgewichten im Strukturaufbau von Kommunikation, die soziale Systeme erzeugt. Die Untersuchung dazu muss jedoch an anderer Stelle erfolgen und ist hier nicht weiter von Interesse.

Ausgangspunkt in allen Fällen ist ein, weitere Systemhandlungen beeinflussendes Ungleichgewicht, ausgelöst durch eine Handlung oder Ereignis, gewünschter oder unerwünschter Art.

„Dynamisches Gleichgewicht“ [a]

Zunächst steht das „Dynamische Gleichgewicht“ mit seinen Variationen im Vordergrund. Ein „dynamisches Gleichgewicht“ bedeutet, wie oben gezeigt, dass Veränderung und Bewegung, Anpassungs- und Ausgleichshandlungen der Struktur möglich sind, ohne jedoch die Stabilität der Systemstruktur insgesamt in Frage zu stellen.

Auslöser für Systementscheidungen zur Strukturbewältigung ist eine Störung, eine Irritation von außen, also eine nicht programmatische Systemhandlung, die einen Anpassungsdruck für das System erzeugt, die Störung zu absorbieren. Bei einem offenen System positionieren sich die Elemente neu um das Element, das die Störung von außen in die Systemstruktur hineinträgt. Bildlich gesprochen lässt sich das mit einem „Anstoß“ von außen unterstreichen, der die anderen Elemente durch die Anstoßenergie von außen buchstäblich ins Rollen bringt.

Übergang in einem dynamischen Gleichgewicht zu einem statischen Gleichgewichtspunkt [a. 1]

Die Entwicklung bei der Absorption der Störung kann zwei grundsätzliche Wege beschreiten: entweder beruhigt sich die Energie/Bewegung und findet innerhalb der Struktur des offenen Systems den Übergang zu einem *statischen Gleichgewichtspunkt [a. 1]*. Die andere Möglichkeit eröffnet sich, wenn die Bewegung nicht ab, sondern zunimmt, die Irritation für das System an Intensität gewinnt und es zur Bildung neuer Gleichgewichtspunkte kommt, die außerhalb der alten Systemstruktur liegen.

Beispielhaft ist der Betrieb als offenes System, der Bewegung und Veränderung in der ganzen Organisation gewollt oder unbeabsichtigt zulässt.

Die strukturelle Dynamik des Systems ist ein „Auspendeln der Betriebselemente“ und damit der gesamten Organisation. Strukturelle Dynamik trägt dazu bei, Konflikte und Veränderungen innerhalb der offenen Systemorganisation aufzuarbeiten. Zugleich ist sie selbst aber auch Ursache von Konflikten und einer darauf rekurrierenden Strukturveränderung.

Einzelne Systemelemente begründen bei einem dynamischen Gleichgewicht in Kombination ihrer Zustandsformen, als Reaktion auf Einflüsse von außen (Material, Information, Energie), eine neue Systemstruktur.

Ein Beispiel für den Übergang zu einem statischen Gleichgewichtspunkt innerhalb des offenen Systems wäre, wenn der unzufriedene Mitarbeiter seine Einschätzung ändert und nach dem gelösten Konflikt im Unternehmen verbleibt oder als Kompromisslösung in den Vorruhestand geht.

Der beispielhafte Fall von spin-offs ehemaliger Manager eines Unternehmens, die aufgrund von Konflikten ihr altes Unternehmen verlassen und neue Unternehmen gründen, zeigt, ein statischer Gleichgewichtspunkt in der ursprünglichen Systemstruktur wird nicht mehr erreicht. Jedoch im Systemumfeld der Branche führen die Neugründungen zu einer Stabilisierung der Branche, indem neue Gleichgewichtspunkte im Systemumfeld eingenommen werden, das alte ursprüngliche Systemgleichgewicht des Betriebes hingegen bleibt aufgehoben.

Fließgleichgewicht [a.2]

Eine weitere Variante des dynamischen Gleichgewichts ist das Fließgleichgewicht (siehe Abb. 20). Bei einem „Fließgleichgewicht“ besteht ein Zufluss aus dem Umfeldsystem an Materie, Energie und Information, der in Menge und Wertigkeit einem Abfluss aus dem System an das Außenfeld entspricht. Gilt diese Annahme nicht, würden völlig unvergleichbare Stoffe miteinander verglichen, was strukturell nicht zu einer Gleichgewichtsbetrachtung passt.⁴⁶

Auf dem Weg zu diesem Fließgleichgewicht ist für offene Systeme speziell die Eigenschaft der Äquifinalität kennzeichnend, d.h. ein Endzustand ist von verschiedenen Anfangsbedingungen erreichbar und eine Anfangsbedingung kann zu verschiedenen Endzuständen führen. Die Äquifinalität bedeutet die Fähigkeit zu permanenter flexibler anschlussfähiger Strukturbildung, die keinen monokausalen Weg verläuft. Sie ist eine Erklärung zur Aufrechterhaltung des Fließgleichgewichtes, in dem strukturelle Bewegung eben nicht strukturelle Stabilität gefährdet.

Was zeigt das Fließgleichgewicht unter dem entropischen Wirkungsaspekt? Die mit jeder weiteren Handlung abnehmende Handlungsmöglichkeit des Systems macht es für Krisen und Störungen immer anfälliger. Umso wichtiger werden die unterschiedlichen Gleichgewichtszustände des Systems, um nach der Störung wieder eine strukturelle Stabilisierung zu erfahren.

⁴⁶ Vgl. Krcal (2003), S. 7; von Bertalanffy (1973), S. 141ff

Ressourcen von außen ermöglichen den Aufbau von Negentropie für das System (z.B. ein Unternehmen), das wiederum selbst Materie (Material), Energie und Informationen nach außen (z.B. in den Markt, die Branche oder Wirtschaft) abgibt. Das Komplexitätsgefälle zwischen innen und außen entscheidet, was systemmorphologisch zum „Umfeldsystem“ zählt und was zum „System“. Die höhere Komplexität bildet das Umfeldsystem aus. System und Umfeldsystem bedingen folglich einander für ihren jeweiligen Strukturerehalt.

Ähnlich dem Metabolismus lebender Systeme bedarf es bei sozialen Systemen der Systemoffenheit medialer Grundstoffe (Materie, Information, Energie), einer bestimmten Systemstruktur, der Systemidentität, wenn Entropie und Negentropie, wie in einem „Fließgleichgewicht“, ausgetauscht werden.

Aus der Qualität als Fließgleichgewicht ergeben sich einige Aspekte von betrieblicher und betriebswirtschaftlicher Relevanz, wie die folgenden:

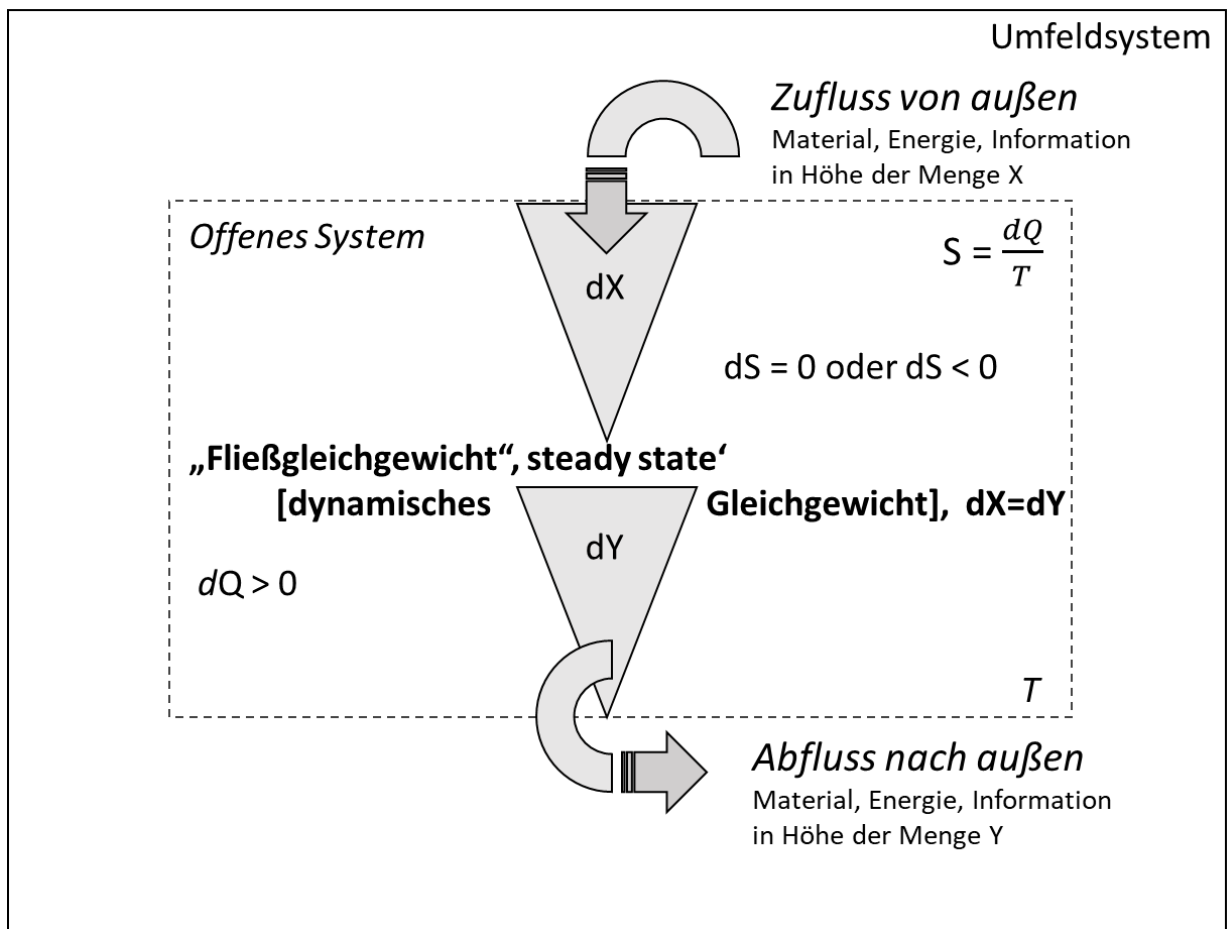


Abb.20: Fließgleichgewicht im offenen System

In betriebswirtschaftlicher Konsequenz ergeben sich einige zentrale Punkte in Hinblick auf das Fließgleichgewicht, die im Folgenden erläutert werden.

Einbringung gleich Ausbringung? [Input = Output?]

Die faktische Qualität und die Quantität des Zu- bzw. Abflusses eines konkreten Systems (z.B. eines Industriebetriebs) sind in vielen Fällen in ihrer stofflichen Zusammensetzung nicht identisch. Wie lässt sich für einen Betrieb, dessen Zufluss an Energie, Material und Informationen aufgrund des eigenen Wertschöpfungsbeitrags physikalisch qualitativ nicht dem Abfluss entspricht (Rohstoffe, Zulieferteile als Input und veredelte Zwischenprodukte, Kernprodukte, Endprodukte, Dienstleistungen als Output) eine strukturelle Gleichartigkeit und Vergleichbarkeit herstellen? Die Reflektion über das Verhältnis von Entnahme (Input) zu Abgabe (Output) hinsichtlich der eigenen Handlungen erfordert eine normierende Größe, z.B. Geldeinheiten.

Energie ist in Materie gebunden und die Form materieller Substanz ist eine Art Information, die ihre stoffliche Qualität bedingt. So gesehen ist das entscheidende Element „Energie“, da sie als formende Kraft, Vorrang erfährt.

Wärme, Licht und technische Gase sind unmittelbare Formen der „Kraft“, „Materie“ ist umgewandelte Energie (z.B. Eisenerz ist durch erdgeschichtliche Prozesse hervorgerufen und Zulieferteile durch Fertigungsprozesse). Informationen sind Codierungen auf Basis von Entstehungs- und Gestaltungskraft.

Wenn Energie, Materie und Informationen in eine gleichnamig machende Maßeinheit wandelbar sind, könnte ein Gleichgewichtspunkt für ein Fließgleichgewicht abgeleitet werden, in dem das offene System genauso viel Energie bezieht, wie es auch nach außen wieder abgibt. Ein derartiges System fände nach einer Störung des Gleichgewichts zu dem selbigen auch wieder zurück (Homöostase).

Für einen Betrieb bedeutet das Fließgleichgewicht im übertragenen Sinne keine einseitige Abhängigkeit, weder auf der Bezugs- noch auf der Absatzseite, einzugehen.

Ein Zufluss an Zulieferteilen und ein Abfluss an Fertigteilen, getrennt voneinander betrachtet, ergibt unmittelbar zunächst auch keinen Bezug zu einem Fließgleichgewicht.

Als buchhalterische Grundlage relevanter Informationen für eine Gleichnamigkeit zur Gewinnung des dynamischen Gleichgewichtspunktes bieten sich Belege an, wie Beschaffungsmengenverzeichnisse, Lieferantenverzeichnisse, Abfallbilanzen, Vertriebsliefermengen, Input-/Output Betrachtungen der Fertigung und Bilanzen des externen Rechnungswesens. Tatsächlich ist jedoch ein umfassender Punkt eines Fließgleichgewichts aufgrund des damit einhergehenden Aufwands für ein betriebliches System praktisch nicht ableitbar.

Erst mit einer Umrechnung in Geldeinheiten oder geldartigen Äquivalenten ist die Homogenität der Betrachtung zu einem Fließgleichgewicht gegeben, wenn der Wert der bezogenen Leistungen in Geldeinheiten (GE) dem Wert der abgegebenen Leistungen im gleichen Umfang entspricht. Unabhängig davon, ob es sich begrifflich um Verlust vs. Ersatz, Zugang vs. Abgang, Abfuhr vs. Zufuhr oder Zufluss vs. Abfluss usw. handelt, einander Vergleichbares muss für die Feststellung eines Fließgleichgewichtes eines komplexen Systems vorliegen.

Steuerungsanspruch und Strukturkontext

Strukturen sind keine „Bollwerke“ gegenüber Veränderung, sondern sie festigen sich mit der Veränderung, in dem sie adaptiv diejenigen Elemente, die mit der Veränderung kollidieren abstoßen und die Elemente verstärkt nutzen, die mit der Veränderung klarkommen. Da eine Strukturebene aus Ressourcen und Regeln besteht, heißt das konkret bestimmte Ressourcen werden stärker nachgefragt als andere und Regeln werden missachtet, ganz oder in Teilen neu formuliert. Daneben bleibt ein natürliches Maß an tradierten Regeln zur Nutzung systemrelevanter Ressourcen bestehen. Die sich dann abzeichnende Mischung aus Ressourcen und Regeln (Struktur), schafft eine situative Ordnung oder Systemstruktur. In der Methodologie ist in diesem Zusammenhang auch die Rede von der Antecedenz-Bedingung, als der situativen Randbedingung, die in diesem Moment auf die Systemstruktur einwirkt.

Handlungen in Kombination mit Ereignissen ergeben substanzielle und formelle Eigenschaften, die nur in einer bestimmten Konstellation des Einzelfalls (Akzidenz) gegeben sind.

Wie soll in einer sich permanent ändernden situativen Struktur der Steuerungsanspruch punktgenau verfolgt werden können? Ein absoluter Steuerungsanspruch ist überzogen,

denn die dynamische Komplexität eines offenen Systems macht die „Ziellandung“ zu einem Zufallsereignis. Folgerichtiges, ziellegitimiertes Handeln eines Elements ist jedoch nicht überflüssig, sondern es trägt wie das Handeln aller übrigen Systemelemente zum Systemüberleben bei. Aber es ist keine systemrelevante Dominanz einzelner Elemente in ihrer Wirkung ex ante bestimmbar, was nicht mit dem Anspruch der Elemente (z.B. Zielvorgabe durch die Geschäftsleitung), zu verwechseln ist.

Ein ex ante zu bestimmender Fließgleichgewichtspunkt der Ressourcennutzung würde bedeuten, dass der Zielanspruch mit einem Systemzustand zusammenfällt, in dem die Soll-Qualität der Ist-Qualität entspricht. Bei einer dynamischen Entwicklung, das Ziel drückt einen Sollzustand aus den es im zeitlichen Verlauf erst zu erreichen gilt, kann das aber erst ex post eintreten.

Der Umgang mit Ungenauigkeiten – systemrelevante ‚Fuzzy logic‘

In welchem Ausmaß sind Abweichungen von Zielwerten tolerierbar, ohne dass der Steuerungsanspruch total in Frage gestellt werden muss? Gibt es aus betrieblicher Perspektive Schwankungsbreiten für die Messung des eigenen Handlungserfolges?

Die kybernetische „Regelung“ als Prinzip der Systemlenkung beinhaltet bereits die Akzeptanz einer Abweichung, wenn der Regler bei divergierenden Soll- und Ist-Werten die strukturelle Möglichkeit über die Stellgröße zum Ausgleich hat. Das Gleichgewicht stellt sich beim Erreichen von Schwellenwerten ein. Eine tolerierte „Abweichung“ als Möglichkeit zur Anpassung von Handlungen ist eine Variante der akzeptierten Ungenauigkeit. Schwankungsbreiten mit ihren Schwellenwerten entsprechen einem Fließgleichgewicht, in dem Sinne, dass eine Struktur als Anspruchsniveau im Sinne des Satisfizierungsprinzips akzeptiert wird

In den betrieblichen Funktionsbereichen der Fertigung und Dienstleistungserstellung bestehen vielfältige Beispiele für Fertigungstoleranzen, Schwankungsbreiten und Kennzahlenkorridore in der Qualitätssicherung.

Unachtsamkeit, Orientierungslosigkeit und Unvermögen bilden die andere, nicht gewünschte und nicht tolerierte Seite der Ungenauigkeit. Die Ungenauigkeit als Seinsqualität, die zu Systemungleichgewicht führt, hat dort ihre Grenze, wo das Systemgleichgewicht nicht wieder erreichbar ist.

Ein Grund für tolerierte Abweichungen im Steuerungsanspruch ist die Erkenntnis der Unmöglichkeit strukturelle Komplexität umfassend beherrschen zu können.

Kompensatorische Handlungen

Kompensatorische Handlungen für den Umweltverbrauch, die ein Betrieb vollzieht, kommen der Systemeigenschaft eines Zugangs und Abgangs nahe. Gilt es beispielsweise, wenn Flächenversiegelung vorliegt, Ausgleichsflächen herzustellen (Stichwort Renaturierung), ist eine äquivalente Leistung im Umfang und Qualität wünschenswert, sonst ist ein kompensatorischer Ausgleich, im eigentlichen Sinne nicht erreichbar.

Ob tatsächlich der „Ausgleich“ in Quantität und Qualität mit dem „Schaden“ vergleichbar ist, stellt nicht nur für das Öko-Controlling eine schwer zu beantwortende Frage dar.

Letztlich ist entscheidend, den voraussichtlichen Ressourcenverzehr des Handelns vor der Handlung abzuwägen, mit der Gewissheit, dass thermodynamisch eine 1:1 Ausgeglichenheit nicht erreichbar ist und der eigene Energieabbau immer zu Lasten des Umfeldsystems erfolgt. Oder in anderen Worten: Für den Systemraum als Ganzes empfängt dieser immer mehr an Qualität und Quantität an Ressourcen als er an das Systemumfeld zu geben in der Lage ist. Kompensatorische Handlungen entsprechen somit nicht einem absoluten Fließgleichgewicht, und die Forderung nach mehr kompensatorischen Leistungen verfängt nicht, da aus entropischer Sicht bei Kompensationen Ressourcenverbräuche lediglich substituiert, aber nicht verringert oder vermieden werden.

Sensitivitätsabwägung und Volatilitäten im Zusammenhang der Handlung

In, vor allem mathematischen, Modellen mit ihren Gleichungssystemen, kommt der Abschätzung von Eingangs-/Einflussgrößen und Ausgangsgrößen große Bedeutung zu. Die planerische Reflektion der Handlung benötigt grundsätzlich ein qualitatives und quantitatives Abwägen der Input- und Output Variablen.

Das Nachdenken über die Sinnhaftigkeit und den Aufwand einer Handlung benötigt, zumal im Sinne einer Effizienzbetrachtung (Ziel/Mittel-Relation) und Effektivitätsbetrachtung, ein qualitatives und quantitatives Abwägen der Input- und Output Variablen. Das Abwägen dessen, „Was hineinmuss“ und dessen „Was herauskommt“, erinnert vordergründig an das Bild eines Zuflusses und eines Abflusses. Aufgrund der ungleichen

Ressourcenströme handelt es sich nicht um ein Fließgleichgewicht im strengen Sinne. Der Mehrwert der Betrachtung ist das Potenzial einer Sensitivitätsabwägung dessen, was an ressourcentechnischen Gegebenheiten machbar ist.

Die Betrachtung zyklischer Zusammenhänge kennt Ausschnittbetrachtungen in denen die Wegstrecke des Abschwungs, wenngleich auch zeitlich versetzt, zeitlich genau der Zeitdauer des Aufschwungs entspricht. Im Rahmen von Wirtschaftserwartungen ist die Orientierung in Zufluss-/Abflusskategorien psychologisch für Investitionsentscheidungen nicht zu unterschätzen.

Schwankungen (Volatilitäten), also ein „auf und ab“, ein „mehr und weniger“, „Wachstum und Degeneration“ gehören aus ökonomischer Perspektive zur lebenszyklischen Qualität von Produkten, Prozessen und vielen anderen Strukturformen. Gerade im Marktgeschehen benötigt das Abfedern des „Erratischen“ und von Krisen, entsprechende gegenläufig ausgleichend wirkende Stromflüsse. Ein Fließgleichgewicht entspricht mehr einem zyklischen Denken in der Bewertung betrieblicher Handlungen.

Kontingenz

Diverse Gleichgewichtsarten und die Varianten der Systemoffenheit spiegeln sich im Wesen des Zufälligen. Je nach Perspektive ist das „Zufällige“ als Informationsmangel eines Beobachters, als Veränderungsdynamik der Systemstruktur oder als teilweise verdeckter Raum aller Zustände im Zeitverlauf, interpretierbar.

Die Eigenschaft der Kontingenz bringt zum Ausdruck, etwas ist oder auch nicht. Das real angelegte, nicht wirkliche Handeln und das reale wirkliche Handeln sind die zwei Seiten der Kontingenz. Die Möglichkeit zum Handeln und die Wirklichkeit des Handelns bilden die kontingenzhafte Seinsqualität.

Labiles Gleichgewicht [a.3]

„Ein Körper befindet sich im labilen Gleichgewicht, wenn er so unterstützt ist, daß [sic] bei eintretender Bewegung sein Schwerpunkt fällt.“⁴⁷ Der Körper kommt nach Bewegung nicht mehr in den Ausgangszustand zurück. Beispiele dafür sind balancierende Körper und Kreisel. Gleichwertige Pfadalternativen bei strukturellen Gabelungen und unverbindliche Regelungen für den Durchlauf entsprechen labilen Gleichgewichten im nicht-mechanistischen Ablauf. Auch Entscheidungsfälle, die durch Unsicherheit und ad-hoc Verhalten gekennzeichnet sind, lassen sich als labile Gleichgewichte begreifen.

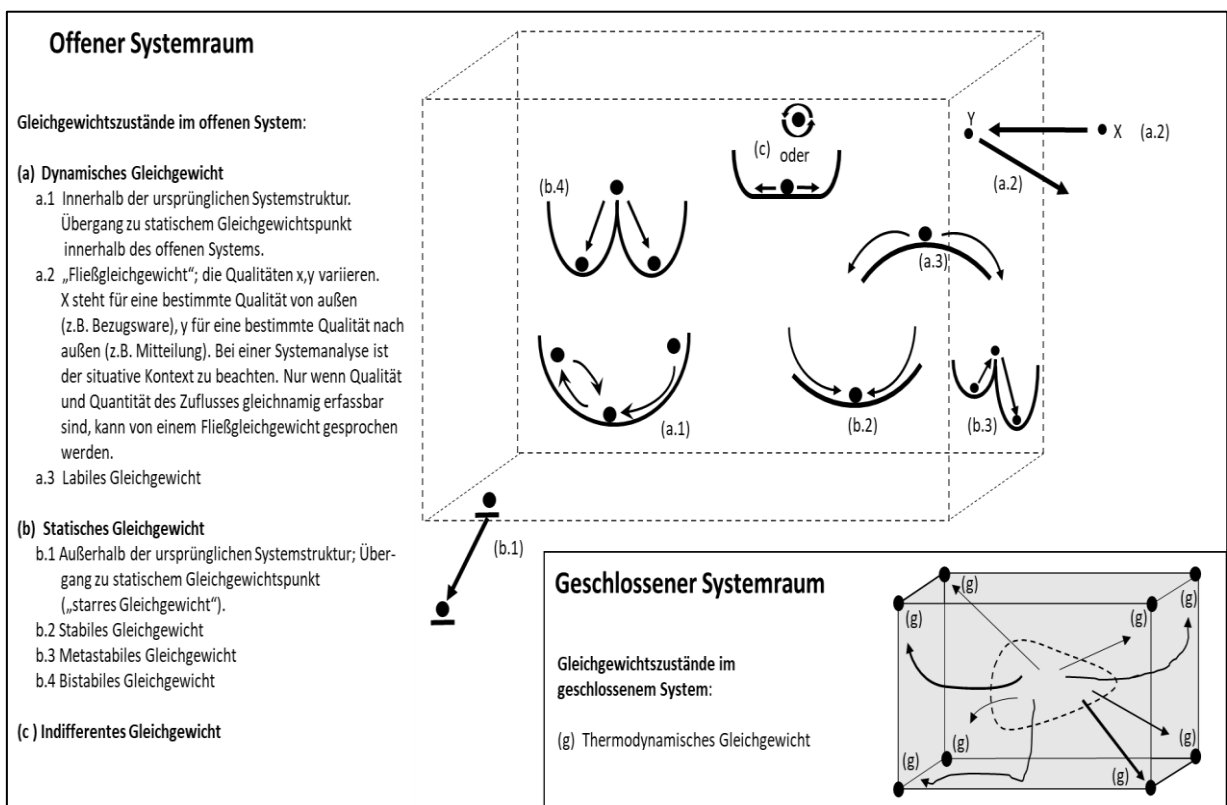


Abb.22: Alternative Systemgleichgewichtszustände im offenen und geschlossenem System

Die Kugeln, Schalenstrukturen (auch als konvexe Funktionen zu verstehen) und die linearen oder gekrümmten Prozesspfeile in Abb. 22 sind allesamt als Strukturbestandteile einer Systemmorphologie, die aus Regeln und Ressourcen besteht, interpretierbar. Die Systemansprache wird dadurch gegenständlicher und greifbarer.

⁴⁷ Dorner (1871), S. 9

Nach den Gleichgewichtszuständen, die dynamischen Gleichgewichtsformen zugesprochen wurden, geht es im Folgenden um die statischen Gleichgewichtsvarianten:

Starres Gleichgewicht [b.1]

Ein statisches oder auch stabiles Gleichgewicht außerhalb der ursprünglichen Systemstruktur wollen wir in Abgrenzung von einem „stabilen Gleichgewicht“ innerhalb der ursprünglichen Systemstruktur als „starres Gleichgewicht“ bezeichnen.

Stabiles Gleichgewicht [b.2]

Ein stabiles Gleichgewicht kann einem mechanischen Gleichgewicht zugeordnet sein: „Ein Körper befindet sich im stabilen Gleichgewicht, wenn er so unterstützt ist, daß [sic] bei eintretender Bewegung sein Schwerpunkt steigt.“⁴⁸ Ein stabiles Gleichgewicht weisen beispielhaft auf, hängende Körper, Schiffe, Wagen und Schiffslampen.

Im Zusammenhang von Störungen tritt ein stabiler Gleichgewichtszustand ein, wenn das System nach Störung wieder in das Gleichgewicht der ursprünglichen Struktur zurückkehrt.⁴⁹ Der Körper kommt nach Bewegung in den ursprünglichen Ausgangszustand zurück, wobei der Schwerpunkt unterhalb des Drehpunkts liegt.

Das stabile Gleichgewicht beschreibt eine mechanistische Zwangsläufigkeit, oder Pfadabhängigkeit hin zum Gleichgewichtspunkt.

Ein Beispiel für die Systemart „Technisches System“ wäre die Schließung von Schranken nach erfolgtem Öffnungsimpuls. Für ein „soziales System“ wiederum beispielhaft wäre die fristlose Kündigung eines seiner Tat überführten bestechlichen Einkäufers durch die Unternehmensleitung, die für die übrigen Systemelemente eine eindeutig abschreckende Ansage darstellt.

Der stabile Gleichgewichtszustand im geschlossenen System zeigt ein Maximum an Entropie.⁵⁰

⁴⁸ Dorner (1871), S. 9

⁴⁹ Vgl. Hanszen (1960), S. 536

⁵⁰ Vgl. Hanszen, (1960), S. 533

Metastabiles Gleichgewicht [b.3]

Ein metastabiles Gleichgewicht ist demnach gegeben, wenn ein „relatives Minimum der Freien [hic] Energie“⁵¹ vorliegt. In diesem Sinne geht das metastabile Gleichgewicht, wenn es den gesamten Systemraum charakterisiert, in das thermodynamische Gleichgewicht über, das als die extremste Form eines metastabilen Gleichgewichts gewertet werden kann.

Ein metastabiles Gleichgewicht sieht vor, dass dem System durch eine relative Strukturebene die Möglichkeit gegeben ist, eine Störung, die zum Ungleichgewicht führt, auf einer noch stabileren Strukturebene aufzufangen. Insofern wurde die strukturelle Möglichkeit zu einem Gleichgewichtszustand der 1. Ordnung und 2. Ordnung geschaffen. Auf der Strukturebene erfolgt die Kompensation des Ungleichgewichts durch einen statischen Gleichgewichtszustand „stabil“ oder „noch stabiler“. Die Möglichkeit eines starren Gleichgewichts außerhalb der ursprünglichen Systemstruktur wird vermieden.

Die Einrichtung von Qualitätszirkeln in der Aufbau- und Ablauforganisation beispielsweise zeigt exemplarisch, wie entstandene Fehler in der Produktion durch zusätzliche Strukturformen auf Basis von Gruppenarbeit und Arbeitsteams aufgefangen werden. Produktqualität, die in der primären Produktionsstruktur erst in der Nachbesserung der Endkontrolle geschaffen wird, gelingt strukturell in der sekundären Form des Qualitätsmanagements, das sich mit den Voraussetzungen der Fehlerfreiheit im Zirkel grundsätzlich auseinandersetzt.

Bistabiles Gleichgewicht [b.4]

Das „Bistabile Gleichgewicht“ zeichnet bei Strukturveränderungen ein stabiles Gleichgewicht vor. Unabhängig von der Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Handlungsentscheidung, die wählbaren Handlungsalternativen haben als Ergebnis immer eine gleichwertige strukturelle Beruhigung. Damit hebt das bistabile Gleichgewicht als Antwort auf eine Störung, wenn gleichzeitig zwei gegenläufige Ziele angestrebt, oder gleichwertige

⁵¹ Hanszen (1960), S. 539

Entweder-Oder-Entscheidungen geleistet werden müssen, letztlich auch ein dilemmatisches Szenario auf. Überspitzt formuliert, es ist egal, was und wie entschieden wird, strukturell wirkt es stabilisierend.

Die Dualität von Menge und Wert lässt sich als bistabiles Gleichgewicht eines Betriebssystems interpretieren: stimmt die Menge, stimmt der Wert. Das zeigt sich exemplarisch in dem gegebenen günstigen Zustand einer Kapazitätsauslastung und dem damit zusammenfallenden Durchschnittskostenminimum. Auch die gleichzeitig praktizierte Funktions- und Objektorientierung in der Aufbauorganisation (z.B. in der Matrixorganisation), entspricht dem Versuch ein bistabiles Gleichgewicht herzustellen, das auf interne und externe Veränderungen situativ flexibel zu reagieren in der Lage ist.

Indifferentes Gleichgewicht [c]

Eine Variante des stabilen Gleichgewichts ist das „Indifferente Gleichgewicht“, wenn gilt: „Ein Körper befindet sich im stabilen Gleichgewicht, wenn bei der Bewegung auf waagrechtlicher Ebene sein Schwerpunkt weder steigt noch fällt.“⁵² Beispiele dafür sind die Kugel, die Rolle und das Rad. Ein indifferentes Gleichgewicht ist gegeben im Ruhezustand eines um eine Achse rotierenden Körpers.

Ein indifferentes Gleichgewicht beschreibt damit einen Zustand, dessen genaue Position nach Abschluss der Bewegung/Veränderung, strukturell innerhalb der ursprünglichen Systemstruktur nicht ex ante bestimmbar ist oder immer gleichbleibt.

Ein Beispiel für ein indifferentes Gleichgewicht das Strukturgleichheit zum Ausdruck bringt sind die Lösungsbeiträge eines „Runden Tisches“. Auch eine „politische Arena“, als Metapher für Mikropolitik in Organisationen, drückt strukturelle Indifferenz in der Herkunft einzelner mikropolitischen Themen einer Organisation, aus.

Kreative Zufälligkeit im F&E Bereich eines heuristischen Prozesses ist ein weiteres Beispiel für ein indifferentes Gleichgewicht. Eine Lösungsidee ist eine Annäherung an die

⁵² Dorner (1871), S. 9

Ausgangsproblemstellung; sie ist nicht der strukturelle Anlass. Das Problem bleibt innerhalb der ursprünglichen Systemstruktur und damit ist auch seine Lösung, die viele Zustandsformen einnehmen kann, Bestandteil des Gleichgewichts.

Thermodynamisches Gleichgewicht [g]

Wenn das offene System keine Materie, Information und Energie von außen beziehen kann ist es faktisch ein geschlossener Systemraum. Damit ist auch kein Export von Entropie in das Umfeld möglich. Im Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts fällt der Mikro- mit dem Makrozustand des Systemraums zusammen, die maximale Entropie ist erreicht.

Letztlich lässt sich das thermodynamische Gleichgewicht im geschlossenen Systemraum auch als eine Form des indifferenten Gleichgewichts [c] interpretieren, da es für den totalen Wandlungsstillstand unerheblich ist von welcher Ausgangsposition der Systembeobachter bei seiner Feststellung ausgeht. Da das thermodynamische Gleichgewicht als Extremfall einen finalen Zustand beschreibt ist es als Abschluss jeglicher Bewegung/Veränderung auch im Zusammenhang offener Systeme aufzuführen.

Exemplarisch übertragen auf ein Unternehmen wäre das der Fall bei einer Unternehmensliquidation.

6. Systemhandlung unter Beobachtung

6.1 Entropie als Informationsmangel des Beobachters

Kommen wir zum Verständnis von Entropie als Ausdruck von zu wenig hinreichenden Informationen, die zur folgerichtigen Identifikation des Systems notwendig sind.

Geschlossene, aber nicht isolierte Systeme und offene Systeme tauschen mit dem Umfeldsystem mediale Stoffe aus. Das offene System tauscht Materie, Information und Energie, das geschlossene, aber nicht isolierte System Energie.

Ein System beobachtet sich selbst oder wird in Fremdreferenz beobachtet. Ein Beobachter ist ein Akteur, der unterscheidet und bezeichnet. Für das Bezeichnen benötigt der Beobachter „Informationen“, als auch für die zeitlich davorliegende kognitive Unterscheidung. Deren unbewusster Anteil an der Informationsverarbeitung ist wesentlich höher, als der bewusste Anteil beim Bezeichnungsvorgang.

Das offene und auch das geschlossene, aber nicht isolierte System tragen zur Entropiezunahme des Umfeldsystems bei. Das offene System, weil es seine Entropie in das Umfeldsystem exportiert, um seine Handlungsfreiheit als System zu erhalten. Das geschlossene, aber nicht isolierte System wirkt zwiespältig. Zum einen profitiert das Umfeldsystem in seiner Handlungsfreiheit von der nach Außen dringenden Energie des Systems, zugleich fließt aber auch der entropisch wirksame Anteil an der Energie, der Handlungen unterbindende Part, nach außen. Der Grad an Festlegung (Umweltzersetzung) wirkt für das geschlossene System und sein Umfeldsystem, da die Energietransformation zwischen außen und innen gleichermaßen Anteil an der inneren und äußeren Entropiezunahme hat.

Worin besteht der Zusammenhang zwischen der Entropie und der Information?

Das System in Selbstreferenz, d.h. das System beobachtet sich selbst, und das System in Fremdreferenz, d.h. die Beobachtung erfolgt durch Dritte, benötigen gleichermaßen notwendige und hinreichende Informationen darüber, was diejenige Energie ist, die Handlungsspielräume eröffnet und im Gegensatz dazu Handlungsspielräume einschränkt bzw. verhindert.

Steigt der Informationsmangel eines Systembeobachters spiegelt sich das in der Entropiezunahme. Gleichzeitig ist die Negentropie gering, d.h. regelgebundene Informationen liegen dem System nicht in benötigtem Ausmaß vor.

Das Verständnis der Entropie als ein Maß des Informationsmangels des Systembeobachters über die Qualität des Systemzustands besteht nach Ansicht des Beitrags aus drei Komponenten (siehe Abb.23):

Erstens, dem *Beobachtungsausschnitt*, variierend zwischen klein und groß, des Beobachters, der mit der Informationsmenge über das System identisch ist. Für eine fokussierte Beobachtung auf einen Teilaspekt, Prozess, Zustand oder die bewusste Beobachtung auf die Gesamtzusammenhänge (Miko- und Makrozustandsanalyse) verändern sich die damit verbundenen und benötigten Informationsmengen. Sie reichen von viel Informationen auf ein konzentriertes Thema in sachlogischer Tiefe bis zu einer breit gestreuten Behandlung mit Bezügen zu angrenzenden Themen.

Die Informationsmenge korreliert nicht linear mit dem Umfang des Beobachtungsausschnittes. Viel kann über den Gesamtzusammenhang gewusst werden und wenig über ein Detail und vice versa.

Zweitens, die hinreichende *Informationsqualität* bildet die Negentropie. Die Entropie ist ein Maß des Informationsmangels. Nur regelgebundene Information wird in der Kommunikation der Beobachtung, d.h. in der Weitergabe von Informationen, für den Sender codier- und für den Empfänger decodierbar sein. Da die Negentropie als freie nutzbare Energie für das System gilt, bedeutet das, dass Information für die Nutzung regelgebunden sein muss, d.h. Information, z. B. als Sprachform, benötigt eine Ordnung nach den Regeln der Syntax und der Semantik.

Die dritte Komponente schließlich ist die *Position des Beobachters*; dessen genauer Lageort macht einen Unterschied. Ob der Systembeobachter sich innerhalb des Systems befindet (teilnehmende Beobachtung) oder von außerhalb, das Systemgeschehen verfolgt, verändert die Sicht auf die Dinge. Im ersten Fall nehmen zudem die übrigen Systemelemente die Existenz des Beobachters wahr und verändern darauf bewusst

oder unbewusst ihr eigenes Verhalten. Im zweiten Fall fehlt dem externen Systembeobachter oft der Zugang für das Verständnis der internen Systemhandlungen.

Grundsätzlich nehmen interne Beobachter auch unterschiedliche individuelle Perspektiven auf das Systemgeschehen ein, da sie eigene Positionen im System vertreten (z.B. Betriebsrat vs. Vorstand eines Unternehmens).

Für die Beobachter, unabhängig davon, ob sie intern oder extern positioniert sind, lässt sich der Beobachtungsausschnitt fokussiert variieren, von eingrenzend bis erweitert.

Bereits die Verbindung von Beobachterausschnitt und Beobachterposition zeigt, wenn der Beobachtungsausschnitt (enge und/oder weite Fassung) und die relative Position des Beobachters (intern/innerhalb, extern/außerhalb) nicht die für die Handlungsweise des Systems benötigten hinreichenden Informationsmengen und –qualitäten ergibt, steigt die Entropie im System.

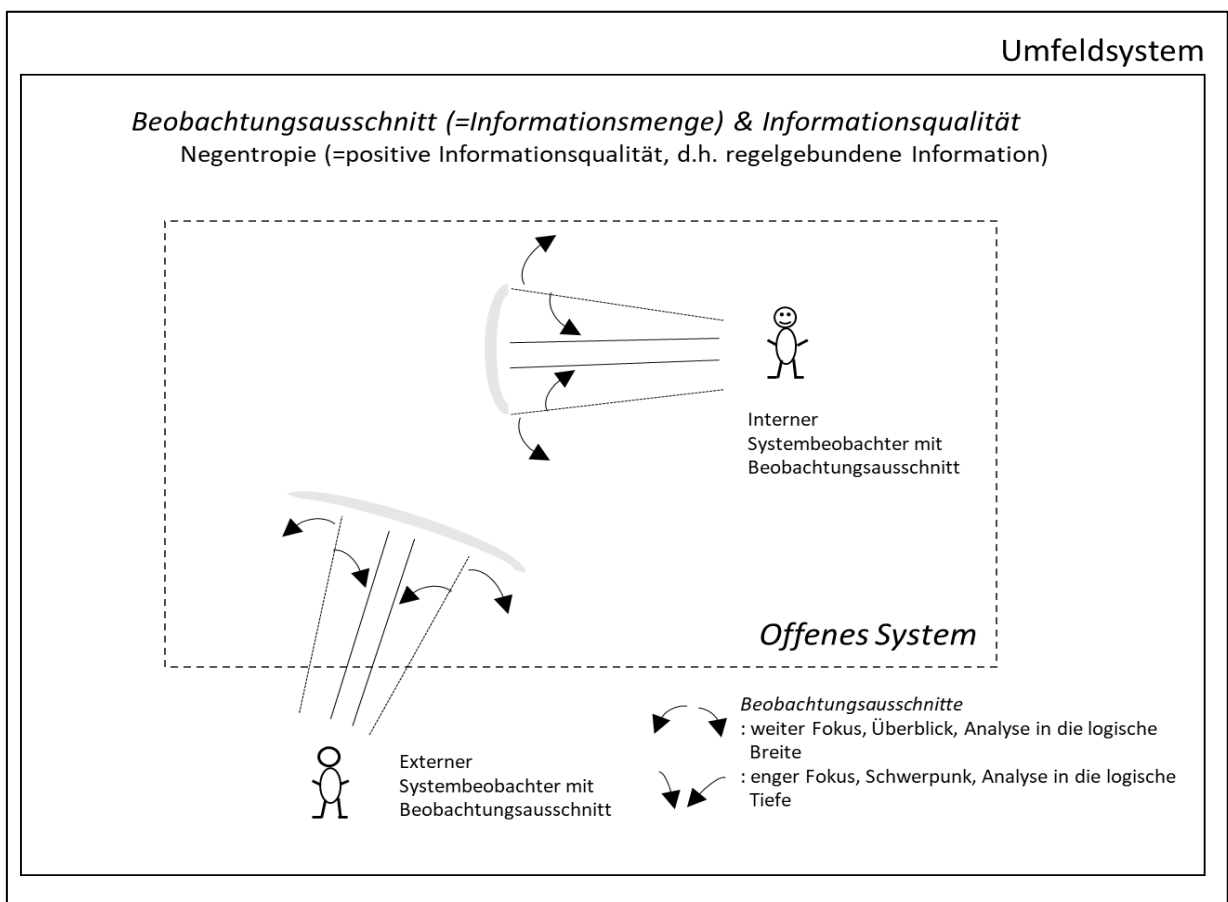


Abb.23: Beobachtungsausschnitt u. Informationsqualität der relativen Beobachterposition

In der Binnenperspektive interner Systembeobachter ist von betrieblicher Relevanz beispielsweise eine Teilproblemlösung eines Fertigungsproblems, die durch hinreichende Informationsmenge und – qualität der beteiligten Techniker der Instandhaltung, der Facharbeiter als Anlagennutzer und des Ingenieurs als Anlagenbauer herbeigeführt wird, in Zusammenarbeit als Projektgruppe.

In diesem Fall verringert die Negentropie, d.h. die Mittel und die Fähigkeit des Technikers, Facharbeiters und des Ingenieurs, oder in anderen Worten die Qualität der regelgebundenen Informationen der Betroffenen, die Erstarrung des Systems, keine Lösung für das Problem zu haben.

Eine niedrige Entropie bei der Systemanalyse durch den Beobachter bedeutet, dass bereits viel Informationen zu Wissen transformiert wurde, Wissen über das Systemproblem. Es besteht nur noch ein geringer weiterer Informationsbedarf über das System. Das ist in unserem Beispiel eine Teilproblemlösung im Fertigungsbereich durch die drei Systembeobachter, die weitere Informationen über die Integration in das Gesamtproblem erforderlich macht.

Ist hingegen die Entropie hoch, bedeutet das, dass die drei exemplarischen internen Systembeobachter, die die analysierenden Handlungen in Bezug auf das System vollziehen, zu wenig Informationen über das System besitzen und deshalb weiterer Informationsbedarf über das Systemproblem hinsichtlich Menge und Qualität besteht.

6.2 Entropie bei Kombination der Parameter Informationsmenge und -gehalt

Mit den Strukturparametern „Beobachtungsausschnitt“ (=Informationsquantität), „Informationsqualität“ und „Position des Beobachters“ lassen sich kombinatorische Fallunterscheidungen formulieren, die sowohl für den externen Beobachter, also einen Beobachter der Systembestandteil des Umfeldsystems ist, als auch für den internen Beobachter, der als „Subsystem“ oder „Element“ eine Binnenperspektive auf das System hat, gleichermaßen gelten.

Als Ausgangsüberlegung gilt für die Informationsquantität und – qualität: Je mehr (noch) Informationen für die Systembeschreibung notwendig sind, desto höher ist die Systementropie. Oder anders formuliert: Eine hohe Systementropie bedeutet ein hoher notwendiger zusätzlicher Informationsbedarf zur Analyse des Systems. Ein niedriger Ent-

ropiestatus bedeutet, es besteht noch ein niedriger notwendiger zusätzlicher Informationsbedarf zur analytischen Erfassung des Systems. Der Informationsbedarf baut auf Informationsmenge und Informationsgehalt, der Informationsqualität, auf. Eine adäquate Informationsmenge und Informationsgehalt bilden zusammen das notwendige und hinreichende Maß der Negentropie.

Hohe Negentropie bedeutet, System- und Semantikregeln betreffend, hoher Informationsgehalt, eine niedrige Negentropie hingegen steht für einen Zustand mit niedrigerem Informationsgehalt.

Für den Bereich der Informationsmenge gilt bei hoher Negentropie, eine hohe Informationsmenge besteht. Bei niedriger Negentropie liegt eine niedrige Informationsmenge vor.

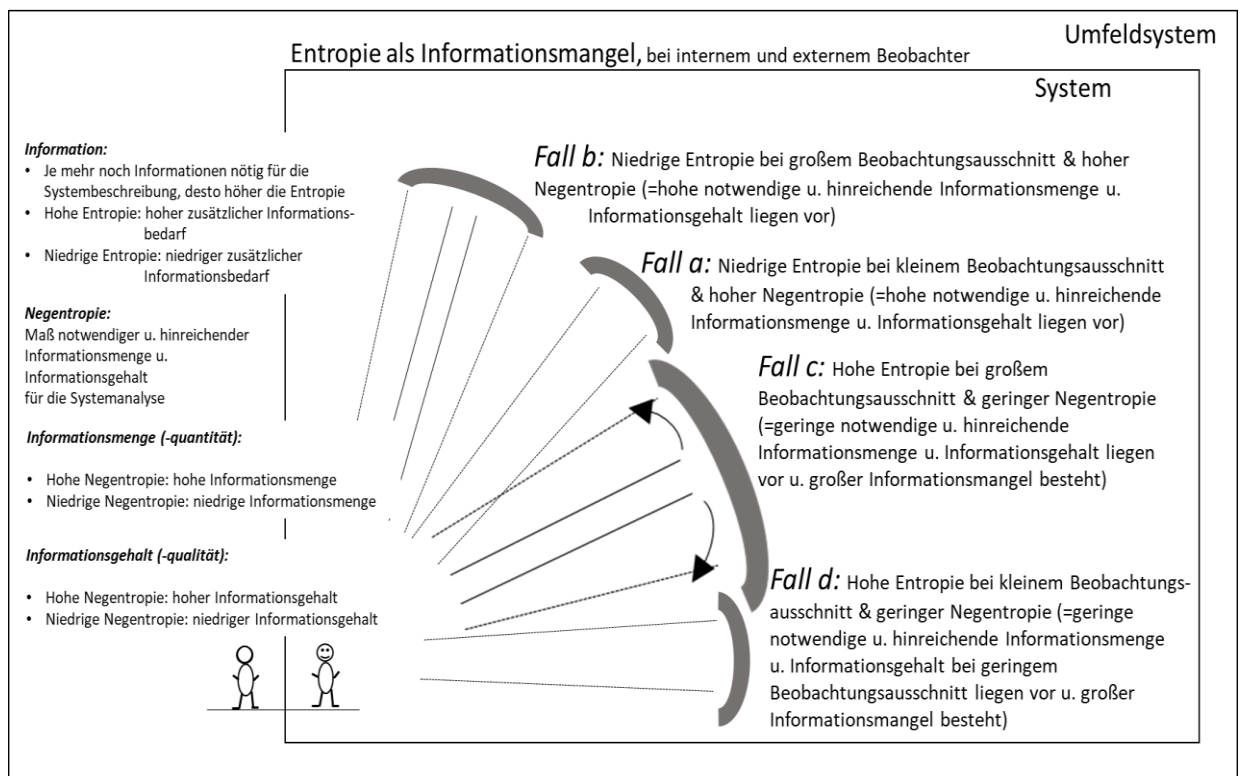


Abb. 24: Entropie als relativer Mangel an Informationsmenge und Informationsgehalt

Im *Fall a* (siehe Abb. 24) besteht der Kontext aus einem kleinen Beobachtungsausschnitt und hoher Negentropie, der einen Zustand kennzeichnet, der eine niedrige Systementropie ausweist. Typisches Beispiel ist das Expertentum von Facharbeitern, Betriebsräten, Kaufleuten, Ingenieuren usw. Die hohe Negentropie, d.h. die Informationsmenge und –gehalt reichen aus, das systemrelevante Teilproblem zu lösen.

Im *Fall b* besteht der Kontext aus einem großen Beobachtungsausschnitt und hoher Negentropie; auch dieser Zustand weist eine niedrige Systementropie aus. Typisches Beispiel dafür ist das Expertentum eines Spezialisten und Generalisten in einer Person oder einer Marktforschungsabteilung, bestehend aus mehreren Beobachtern, Branchen- und Marktanalysenteams, volkswirtschaftlichen Grundsatzabteilungen, usw.

Im *Fall c* besteht der Kontext aus einem großen Beobachtungsausschnitt und geringer Negentropie. Der damit verbundene Zustand ist von hoher Entropie gekennzeichnet. Entweder überfordert die Komplexität des Beobachtungsausschnittes und/oder die Negentropie, also die für die Transformation von Handlungen in qualifizierte Ressourcen notwendigen und hinreichenden Informationen jeglicher Art, liegen nicht in hinreichendem Maße vor; in diesem Fall besteht für den Beobachter ein großer Informationsmangel und weiterer zusätzlicher Informationsbedarf über das System. Exemplarisch zu nennen sind hier Entwicklungs-, Innovations-, Markterschließungsprogramme etc., die die eigenen Handlungsoptionen überfordern und zusätzliche Aufwendungen bedeuten.

Der *Fall d* beschreibt einen Zustand mit hoher Entropie bei geringem Beobachtungsausschnitt und geringer Negentropie. Der Fokus ist nicht passend eingegrenzt, entweder zu klein und/oder thematisch falsch gewählt, hinzu kommt eine nicht hinreichende Informationsmenge und –qualität. Dafür beispielhaft sind überforderte Experten, Expertenteams oder Entscheidungsträger ohne ausreichende Qualifizierung, die einen großen weiteren Bedarf an Informationsmenge und Informationsgehalt für das beobachtende System nach sich ziehen.

Eine notwendige und hinreichende Informationsmenge- und –qualität sind immer für die adäquate Bewältigung des Informationsmangels notwendig. Die Kombinationsmöglich-

keit aus hinreichender Informationsmenge und fehlender Informationsqualität würde bedeuten, dass viel Informationen über nicht problemrelevante Entscheidungsfragen des Systems, gesammelt sind. Für den Systemerhalt sind sie irrelevant und deswegen in der Darstellung nicht berücksichtigt. Auch ist hier nicht betrachtet, wie optimaler Weise das Verhältnis von Informationsmenge zu Informationsgehalt auszusehen hat. Es ist nicht geklärt, wie groß die geringste Informationsmenge im Verhältnis zur notwendigen und hinreichenden Informationsqualität ausfallen muss. Eine Anforderung hingegen ist klar: Es muss der für den Systemerhalt notwendige und hinreichende Informationsbedarf bei der Systembeobachtung abgebildet sein.

Insgesamt sind für jede adäquate Systembeobachtung notwendige und hinreichende Informationsquantitäten und –qualitäten notwendig, deren Fehlen sich in der Entropiehöhe widerspiegelt. Das System selbst ist davon betroffen, weil es bei hoher Entropie seine Handlungsnotwendigkeit u. Handlungsmöglichkeiten nicht erkennt, aber auch der externe Beobachter in der Position der Fremdreferenz auf das System, weil dessen Funktion und Wesen für ihn unerkant bleiben.

7. Die ikonographischen Aussagen im Überblick

An dieser Stelle ist es an der Zeit, alle entwickelten ikonographischen Aussagen in ihrer Bedeutung für den Handlungsbezug zur systemischen Entropiequalität, zusammenfassend zu kommentieren.

Im Anschluss daran erfahren die, in den ikonographischen Aussagen enthaltenen Piktogramme eine abschließende, eigene Kommentierung. Die Piktogramme zeigen gegenüber den ikonographischen Aussagen keine neuen zusätzlichen Informationen, sie sollen lediglich didaktisch durch ihre graphische Auflösung einen schnellen Zugang zur jeweiligen behandelten Thematik eröffnen.

Die Abbildungen *Abb. 1: „Variierender Handlungsraum durch Entropie im geschlossenen System“* und *Abb. 2: „Abnahme kontingenter Handlungsmöglichkeiten durch Entropiezunahme im geschlossenen System“* illustrieren die allgemeine Notwendigkeit eines entropisch basierten Ressourcenmanagements im Zusammenhang von Handlungen.

Abb. 3 „Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System“ bildet die Rückseite der Piktogramme, die Handlungen unter entropischer Perspektive graphisch bewerten. Empfehlungen für den Ressourcenumgang stellen für jede individuelle Handlung einen entropisch wirksamen Bezug her.

Im Einzelnen bedeutet das für die Handlungsanalyse u.a.: die mit der Handlung verbundene Feststellung der Nutzungsziele von Ressourcen, die ungleich sind den Handlungszielen, Bewertungen der Qualität und Quantität der betroffenen Ressourcen und Feststellungen, der Anschaffungspreise, der Wiederbeschaffungspreise und des Zeitwertes. Zu prüfen sind die Möglichkeit eines absoluten Verzichts bestimmter Ressourcen, eines relativen Verzichts auf Basis der arbeitsteiligen Möglichkeiten und schließlich, inwieweit eine Steigerung der Ressourcenproduktivität über Wirtschaftlichkeitserwägungen erreichbar ist.

Abb. 4: „Perspektivenwechsel bei der Entropieanalyse“ zeigt: der Wechsel zwischen Mikro- und Makrozustand der Systembetrachtung verhilft der Analyse von Handlungen

hinsichtlich ihrer entropischen Qualität zu einer kausalen Stringenz: die einzelnen Handlungen und die Möglichkeit zu einer Handlung stehen im Kontext des ganzen Systembezugs. Der Mikrozustand beschreibt einen kleinen Raumausschnitt wirklicher und potenzieller Handlungen, der Makrozustand beschreibt einen groß betrachteten wirklichen Zustandsausschnitt zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Aus *Abb.5: "Grad der Umkehrbarkeit von Entropie"*, die noch für ein Piktogramm unübliche verbale Erläuterungen enthält, geht in *Abb.6* das Piktogramm (I): „*Zustände der Entropie*“, hervor. Die zentrale Botschaft hier lautet, Faktisches ist als Endgültiges zu begreifen und Fehlentscheidungen sind nicht im Versuch einer direkten Umkehrung von Systemwirkungen korrigierbar, sondern bedürfen neuer (Korrektur-)Handlungen mit abgewogener Begründung.

Auch die Sinnhaftigkeit von voluntaristisch herbeigeführten Systemschließungen, ist vor dem Hintergrund der Systemwandlungsrichtung, von freier Handlungsmöglichkeit zu Handlungsunmöglichkeit (Irreversibilität), im Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts, zu überdenken.

Abb. 6 zeigt über zwei Zustände, den Anfangs- und den Endzustand, die Umwandlung von Energie im Systemraum, die irgendwann (hier t_2) zum Erliegen kommt. Zustände sind als Eckpunkte (Anfangszustand (t_1) und Endzustand (t_2)) Ausgangspunkte der thermodynamischen Systemanalyse, für die Prozesse nicht geeignet sind, da sie wie ein „struktureller Treibsand“ wirken. Wenn temporäre Verläufe, also Abfolgen von Zuständen, als repräsentativ für den Endzustand gewertet würden, entspricht das nicht dem Verständnis des 2. HS der Thermodynamik, da die Entropie eine Zustands- und keine Prozessgröße ist.

Abb.7: „Strukturelle Wirkungsreflexion einer Handlung im Mikrozustand“ beleuchtet Handlung und Handlungsmöglichkeit, deren Strukturbildung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, eingehender. In der Darstellung von *Abb.7* ist der Schwerpunkt mehr auf Gegenwart und Zukunft gerichtet. Selbstreflexivität lässt sich so als Vorgang begreifen, der Handlungen, im Hinblick auf Ressourcennutzungen stärker abwägt, um das entropische Wachstum zu verlangsamen und eine Selbstreflexion als Zustandsergebnis hat. Die Handlungsanalyse bewegt sich dabei im mehrdimensionalen Raum- und Zeitverständnis.

Abb.8 „Irreversible Wärmediffusion – die physikalisch thermodynamische Grundlage von Handlungen im geschlossenen System“ illustriert die Prozessrichtung der Energietransformation im geschlossenen System, die für alle Handlungen verbindlichen Charakter aufweist. Speziell für physikalische Herstellungsprozesse sind die thermodynamischen Grundvoraussetzungen unmittelbar prägend.

Bei allen immateriellen Handlungen, wie Entscheidungen, Kommunikationshandlungen und anderen Denkhandlungen ist durch die Partialinklusion mit materiell basierten Systemarten, auch eine mittelbare Betroffenheit durch die thermodynamische Entropie gegeben (Stichwort Systemträgerschaft).

Aus der Kenntnis der Energietransformationsrichtung abgeleitet, zeigt *Abb.9 „Irreversible Wärmediffusion im geschlossenen System“*, das 2. Piktogramm, die Richtung der Wärmediffusion im geschlossenen System auf, mit ihrer Wirkung auf die Ressourcennutzung im Kontext von Handlungen.

Abb. 10 „Temperaturbeispiel der Wärmediffusion im geschlossenen System“ unterstreicht die Irreversibilität der Wärmediffusion, illustriert an einem konkreten Beispiel.

Abb.11: „Thermodynamisches Gleichgewicht“ unterstreicht die Endlichkeit der Ressourcennutzung und der Handlungsfähigkeit bei Systemgeschlossenheit. Es zeigt aus entropischer Sicht die Bedeutung eines Bewusstseins um die Endlichkeit von Handlungsmöglichkeiten unter Ressourcenrestriktionen. *Abb.11* zeigt den finalen Endzustand von Systemhandlungen auf. Die Aufforderung zu abgewogenen Handlungen bis zu diesem Zustand steht im Raum.

Abb.13: Piktogramm (III): „Wärmediffusion im offenen System – Systemerhalt und Negentropie“ unterstreicht die lateralen Entropierichtungen im offenen System auf Basis von *Abb.12 „Handlungsabnahme und Handlungszunahme im offenen System“*. Das offene System wirkt dem Anstieg seiner Systementropie durch die Hereinnahme von Materie, Information und Energie, entgegen. Dadurch entsteht dem System Negentropie über die eine Reversibilität der Energietransformationsrichtung bewerkstelligt werden kann; nicht im Sinne einer 1:1 Rückabwicklung von vergangenen Wirkungen, sondern mit der Möglichkeit neu Entscheidungen zu treffen, die negative Wirkungen für das System mildern oder kompensieren.

Abb. 14: „Partialinklusion des „Betriebes“ in diversen Systemarten auf der Mesoebene“ schärft zunächst den Blick für die Notwendigkeit einer Komplexitätsbewältigung im Zusammenhang der Handlungen. Das Verständnis für Interdisziplinarität und die Notwendigkeit einer Integration von Handlungen, die sich aufgrund der vielen unterschiedlichen Systemarten ergeben, werden deutlich. Die mit konkreten Handlungen verbundenen Ressourcennutzungen der unterschiedlichen Systemarten unterliegen den Möglichkeiten des Ressourcenumgangs, wie sie Abb.3 ausweist.

Exemplarische Handlungen, die aus dem Spannungsfeld von Komplexitätsbewältigung, Interdisziplinarität und Integration erwachsen, sind: die Pflege pluralistischer Fachkulturen, die Bildung von Heuristiken aus Teilproblem- und Gesamtproblemlösungen, die Klärung der Quelle-Senke Beziehungen mit eindeutiger Definition der Übergabestellen bzw. Identifikation von Ansprechpartnern und die Feststellung der Häufigkeitsverteilung von Strukturverläufen im Ablaufmanagement.

Abb. 15: „Partialinklusion des „Menschen“ in diversen Systemarten auf der Mikroebene“ unterstreicht: Auf der Mikroebene stellt der Mensch über Partialinklusion die Verbindung zwischen den unterschiedlichen Systemarten her, in dem er Ressourcen für Bedürfnisse nutzt, aber selbst auch Ressource ist (durch seine Arbeitskraft auf materielle Weise und in immaterieller Weise durch Gedanken, Ideen). Speziell kommt das in kommunikativen Sprechhandlungen, die in soziale Interaktionen vielfältigster Art münden, zum Ausdruck. Das komplexe Geflecht an Zuständen (z.B. Codizes) und Prozessen (z.B. Meinungsbildung, individuelle Leistung) ist je nach Perspektive mal exogener, mal endogener Natur und lässt sich als Ressource für Etwas (z.B. Leistung im kollektiven Verbund) oder Selbstzweck (z.B. Zugehörigkeit als soziales Wesen als Betriebsangehöriger), nur vorsichtig und unter Vorbehalt, trennscharf ein- und zuordnen. Klar ist: Immaterielle Attribute des Sozialen der sprachlichen Kommunikation und materielle stoffliche Attribute des Güterkreislaufes (z.B. Entnahme und Abgabe von Ressourcen) ergänzen einander im wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Leben.

Tabelle 1: „Individuelle Beiträge zum Betriebssystem durch Partialinklusion der handelnden Akteure in diversen Systemarten“ steht in direktem Zusammenhang mit Abb.15, denn sie führt elementare individuelle Beiträge des Menschen zu seinem systemischen

Kontext an. Der basale Zusammenhang zwischen der Mikro- und der institutionellen Mesoebene zeigt sich, der über alle strukturellen Analyseebenen hinweg die Systemoffenheit des Betriebssystems manifestiert.

Abb.16: „Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System“ und das gleichnamige Piktogramm (IV) (Abb.17) thematisieren den Geschlossenheitsgrad der Systemgrenze. Es zeigt sich, dass für Materie, Information und Energie aus dem Umfeldsystem eine Undurchdringlichkeit für Systemgrenzen erst im Fall eines geschlossenen, isolierten Systems gegeben ist. Unterschiedliche (operative) Wege der Durchlässigkeit sind ausdrücklich aufgeführt (z.B. der Lieferweg, latenter Weg, indirekter Weg).

In den Beobachtungsvorgängen betrieblicher Grenzziehungen, (Beobachten = Unterscheiden und Bezeichnen, siehe oben) ist das Bewusstsein um die Wirkung entsprechender Handlungen zum Identitätserhalt des Systems und seiner Geschlossenheit elementar.

Eine Schließung oder Isolierung ist unter Effizienz- und Effektivitätsaspekten, im Verhältnis zum Ressourcenmanagement zu bewerten.

Abb.18: „Transferebenen für das offene System“ und das gleichnamige Piktogramm (V) (Abb.19) unterstreichen die Bedeutung von Systemoffenheit für den Systemerhalt, und die Rolle der Negentropie, die aus Information, Energie, Materie, aber auch exportierter Entropie besteht. Das System entlastet sich handlungsspezifisch auf Kosten des Systemumfeldes. Die inhaltliche Nähe zum Ressourcenmanagement (wieder auf der Rückseite des Piktogramms ersichtlich) erleichtert die Abwägung betrieblicher Handlungen hinsichtlich entropischer Wirkung, Aufwand und Ertrag über die behandelten Transfer-ebenen.

Abb.20: „Fließgleichgewicht im offenen System“ weist aus: Ein „Fließgleichgewicht“ steht in gedanklicher Nähe zum Marketing, d.h. dem Verständnis der Unternehmensführung vom Marktgeschehen her und zum Marktgeschehen hin. Auch steht das „Fließgleichgewicht“ Pate für ein „nachhaltiges“ Verständnis der Ausgewogenheit von Ressourcenentnahme, -nutzung, und -verbrauch dem ein Umfang an Ressourcenschonung und -reparatur, gegenübersteht. Das Bewusstsein des „Fließgleichgewichts“ verhindert

nicht das „thermodynamische Gleichgewicht“, aber es trägt dazu bei, den Zeitpunkt des „Wärmetods“ hinauszuzögern.

Im Umgang mit einzelnen Materialien, Rechen-/Wertaufbewahrungseinheiten, Informationen und Energieformen ist partiell ein Fließgleichgewicht denkbar.

Als Piktogramm (VI) verkörpert das „Fließgleichgewicht im offenen System“ (Abb.21), dass das Streben und Bewusstsein um Ausgewogenheit der Ressourcenströme eine Verpflichtung für rationales Handeln darstellt, weil entropisch mit jeder weiteren Handlung die zukünftigen Handlungsmöglichkeiten abnehmen, wenn kein Zugang zu einem Umfeldsystem besteht, das den Entropieexport und den gewünschten Output des Systems aufnehmen kann.

Betriebliche Handlungen sind daran zu messen, ob sie einen Beitrag zur Annäherung bzw. Herstellung eines „Fließgleichgewichts“ leisten. Darin liegt der Mehrwert für die konkrete Handlungsanalyse, die sich auf die Medien Materie, Information und Energie stützt.

Abb. 22: „Alternative Systemgleichgewichtszustände im offenen und geschlossenen System“ zeigt bekannte Varianten von Gleichgewichtszuständen auf. Ein offenes System ist in der Lage auf Störungen strukturell unterschiedlich über unterschiedliche Gleichgewichtsformen zu reagieren, so dass das Systemüberleben nicht gefährdet ist. Im Vergleich dazu ist das „Thermodynamische Gleichgewicht“ des geschlossenen Systems variantenlos. Der Wandlungsprozess des geschlossenen Systemraums ist mit der letzten möglichen Handlung abgeschlossen. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Systemraum ein Viereck markiert oder eine andere geometrische Vieleckform: Mit dem letzten Wandlungszustand ist der Raum entropisch maximal und final konstituiert.

Abb.23: „Beobachtungsausschnitt u. Informationsqualität der relativen Beobachterposition“ unterstreicht die grundsätzliche Bedeutung der Beobachterposition, seines Beobachtungsausschnittes und der Informationsqualität in Bezug auf das System. Die Höhe der Entropie ist Indikator einer adäquaten Menge und Qualität der Information zur Systemerfassung.

Abb.24: „Entropie als relativer Mangel an Informationsmenge und Informationsgehalt“ stellt die relevanten Kombinationsmöglichkeiten heraus, die sich aus Beobachtungsausschnitt, Informationsmenge und Informationsqualität ergeben.

Die Piktogramme als Informationsinstrumente bei der Selbst- und/oder Fremdreﬂexion der Systemhandlungen im zusammenfassenden Überblick

Aus der Reihe der im Beitrag behandelten Abbildungen sind die Piktogramme (I) bis (VI) aufgrund ihres symbolisch grafischen Minimalismus als Instrumente geeignet für die Reflexion des eigenen und/oder kollektiven Handelns. Da eine wachsende Entropie einer Einschränkung der Handlungsmöglichkeiten für den Systemraum gleichkommt, besteht ein Interesse an ressourcensparenden und –schonenden Systemhandlungen.

Die Piktogramme sind als Arbeitskarten mit einer Vorder- und Rückseite konzipiert. Auf der Vorderseite ist jeweils die ausgewiesene Thematik dargestellt, auf der Rückseite sind Aussagen zur Nutzungsqualität der Ressourcen im Zusammenhang einer Handlung enthalten, die unterschiedliche Wachstumsrichtungen für die Entropie bedeuten. Die Rückseite hat bei allen Piktogrammpunkten (I-VI) mit dem oben ausführlich behandelten Inhalt von Abb.3: "Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System", die gleiche Struktur. Es variiert lediglich die Vorderseite.

Die Piktogrammkarten helfen bei der Überprüfung beabsichtigter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen. Einzeln oder bei Gruppensitzungen vollzählig (I-VI) eingesetzt, können sie als Reflexionsanlass dienen. Im betrieblichen Alltag lassen sich die Piktogrammkarten als Diskussionsgrundlagen zum Einsatz bringen in Arbeitsgruppen jeglicher Art, wie Entwicklungsteams, Qualitätszirkeln usw., die vor Handlungsentscheidungen stehen. Dabei können handlungsleitend genutzt werden (siehe Abb.3), sowohl die aufgeführten Bezugspunkte im Ressourcenumgang, als auch die davon ausgehenden Wirkungen auf das Wachstum der Entropie.

Zielsetzung ist die kritische Betrachtung des eigenen Handelns auf Basis entropischer Erkenntnisse. Das Entropiewachstum soll möglichst geringgehalten werden. Ein Beitrag zur Nachhaltigkeit liegt vor, wenn Ressourcenschonung (Konstanz, Verringerung, Wiedernutzung) gelingt.

Das Piktogramm (I): "Zustände der Entropie" hält für ein geschlossenes System fest: „Systemordnung“, bedeutet der Systemzustand (t_1) ist noch nicht umgewandelt, da noch nicht gehandelt wurde, Flexibilität in der Wahl von zukünftigen Handlungen ist gegeben.

Der Zustand „Systemunordnung“ (t_2) bedeutet nicht nur Eingrenzung des zukünftigen Handlungsraums, sondern die Unmöglichkeit zum Handeln überhaupt.

Für das geschlossene System ist deutlich, es besteht ein tendenzieller Prozess zur Irreversibilität der Ressourcenfestlegung. Ausnahmslos alle Ressourcenarten sind von der Irreversibilität ihrer Festlegung im Zuge von Handlungen betroffen.

Die Sinnhaftigkeit von Systemschließungen ist zu überdenken, da der Bezug aus dem Umfeldsystem, der dem Fall des offenen Systems entspricht, elementar ist, um Reversibilität des Systemzustands zu erreichen. Weitere Konsequenzen sind: Zustände sind endgültig, wenn sie als Faktisches begriffen werden. Wirkungen von Fehlentscheidungen (=Fehlhandlungen) münden in nicht systemgünstige Zustände.

Piktogramm (II): „Irreversible Wärmediffusion im geschlossenen System“ betont bei geschlossenen Systemgrenzen jenseits des Normativen die Wahrnehmung des physikalisch Faktischen (Umwandlung von Wärme). Tätigt das System keine Handlung ist die Entropie konstant. Ergreift das System eine Handlung wächst die Entropie. Vor dem Hintergrund, dass bei Systemgeschlossenheit eine Reversibilität des Systemzustandes nicht erreichbar ist, initiiert das Piktogramm eine Reflexion über die Abgrenzung von Faktischem und Normativen.

Grenzen des Prozessmanagements und die Möglichkeiten zum Gegensteuern sind Gegenstand der Diskussion. Obwohl die Entropie eine Zustandsgröße ist, richtet sich der Blick bei dieser Analyse auf das Prozessuale, die Transformation von Wärme in den Kältebereich (z.B. Umwandlung von Wärme in mechanische Arbeit oder Wärme in Kälte). Speziell die Grenzen des Prozessmanagements, wo ein Prozess zu einem Zustand verfestigt wird, sind von Interesse.

Im Unterschied zu Piktogramm (I) wird die Entropie detailliert betrachtet: Der Prozess der Transformation (dQ) zum Zustand der Temperatur (T). Nur wenn keine Systemhandlung (Prozess) erfolgt wächst die Entropie des Systems nicht ($dS=0$); das ist aber bereits mit der Selektionsleistung des Systems zur Identitätssicherung gegenüber dem Umfeldsystem eine praktische Unmöglichkeit.

Als Konsequenz der Wirkungsanalyse betrieblicher Entscheidungen steht die physikalische Qualität der Energietransformation hinsichtlich der Beteiligungsrechte, der Regelgebundenheit, der Dauer, des Zeitpunktes und zeitlicher Abstände, im Mittelpunkt der Überlegungen.

Piktogramm (III): "Wärmediffusion im offenen System" unterstreicht, alle Prozesse im offenen System sind dem Aufbau der Systemnegentropie verpflichtet. Nur dann gelingt der langfristige Systemerhalt, wenn Energie, Materie und Information aus dem Umfeldsystem bezogen werden können. Dafür ist mit entsprechenden Handlungen Sorge zu tragen. Auch ist deutlich: Die Umwandlung der Ressourcenzufuhr von außen bedeutet, dass eine systemspezifische Umwandlung der Ressourcenbindung im Zustand der Entropie in frei verfügbare Ressourcen im Mikrozustand des Systems gelingt (=Negentropie). Damit ist die Reversibilität des Systemzustandes erreichbar. Bei der Herstellung von Negentropie geht es um die bedarfsgerechte Transformation von Energieformen, die betriebliche Handlungsfreiheit gewährleistet. Voraussetzung für die Befähigung des Systems ist eine umfassende interne und externe Ressourcenanalyse.

Piktogramm (IV): "Geschlossenes und geschlossenes, isoliertes System" weist aus: Geschlossenheit bedeutet nicht Undurchlässigkeit für Energie. Isoliertheit des geschlossenen Systems bedeutet Selbstabriegelung nach außen und innen.

Der Ressourcenaufwand zur Herstellung einer Systemgeschlossenheit und gleichzeitiger Systemisoliertheit ist groß. Undurchlässigkeit über die Stufen Geschlossenheit und Isoliertheit verlangt aufgrund des großen Ressourcenaufwands eine Abschätzung des Ressourcenbedarfs, was faktisch durch das System nur schwer leistbar ist.

Der zur Schließung und/oder Isolierung des Systems betriebene Maßnahmenaufwand im Ressourcenumgang lässt sich in seiner Wirkung auf die Entropie im System (z.B. bei einer unerwünschten Wärmediffusion im Montagebereich Investitionen in Wärmedämmung), variieren und bewerten.

Die Geschlossenheit betrifft den physischen Liefertransportweg bzw. Leitungsweg und den Mitteilungsweg, sowohl direkt, als auch indirekt, offizielle als auch inoffizielle Handlungen, latent und manifeste Vorgänge. Die Geschlossenheitsqualität des Systems bezieht sich auf die Medien Materie, Information und Energie gleichermaßen. Der Durchgang von Materie und Information kann durch das System verwehrt werden, der unmittelbare Durchfluss von Energie und damit zusammenhängende Informationen über Dichte, Stetigkeit, Häufigkeit etc., nicht. Erst die Stufe der Isoliertheit des Systems zur Geschlossenheit verhindert zusätzlich den Durchfluss von Energie.

Piktogramm (V): "Transferebenen für das offene System" zeigt, bei Systemoffenheit stehen Prozeßwege der Lieferung, der Mitteilung, des Offiziellen, des Inoffiziellen, des Lateralen, des Manifesten, des Direkten und des Indirekten für die Erreichung von Negentropie zur Verfügung. Entropie kann auf allen Prozeßwegen auf das Umfeldsystem übertragen werden. Die Medien Materie, Information und Energie sind von außen bezugsfähig, aber auch vom System, wertschöpfend transformiert nach außen abgabefähig. Die Prozeßwege des Austausches zwischen innen und außen sind hinsichtlich des Ressourcenumgangs mit seiner Wirkung auf die Entropieentwicklung zu diskutieren.

Piktogramm (VI): "Fließgleichgewicht im offenen System" illustriert, warum für die Abwägung der relativen Position eines Systems zu seinem Umfeldsystem die Zielsetzung eines Fließgleichgewichtes hilfreich ist. Es gilt herauszufinden, ob und wie der Input dem Output in seiner entropischen Wirkung entsprechen kann.

P	Vorderseite	Rückseite																																																							
P (I)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
P (II)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
P (III)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
P (IV)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
P (V)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
P (VI)		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Zutreffend mit der HandlungN.N.....^H als Nutzungsqualität verbundnen</td> <td colspan="3">Entropie im geschlossenen System*</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ressourcen- umgang</td> <td colspan="3">zutreffend</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Veränderung</td> <td colspan="3">X (Beispiel)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reduktion</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Identifikation</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)</td> <td colspan="3"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*			Ressourcen- umgang		zutreffend			Veränderung		X (Beispiel)			Reduktion					Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>			Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>			Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>			notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>			Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>			Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>			Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>		
Zutreffend mit der HandlungN.N..... ^H als Nutzungsqualität verbundnen		Entropie im geschlossenen System*																																																							
Ressourcen- umgang		zutreffend																																																							
Veränderung		X (Beispiel)																																																							
Reduktion																																																									
Notwendige, kurzfristige Nutzung (z.B. Energie)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Notwendige, langfristige Nutzung (Investition)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Verschwendung/struktureller und/oder individueller nicht hinreichender		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
notwendige, präferierte Nutzung (Geldverleih)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Identifikation		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Maximumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Minimumpriorität (Wirtschaftlichkeit)		<input checked="" type="checkbox"/>																																																							

Abb. 25: Piktogramme als Reflexionskarten für die Einschätzung entropischer Wirkungen des Systemhandelns in Arbeitsgruppen

Die Piktogramme lassen sich in der gezeigten Reihenfolge und/oder vereinzelt in Gruppendiskussionen/Arbeitsgruppen als Moderationsinput und in Einzelreflektion zum kritischen Nachdenken als Reflexionskarten über den Ressourcenverbrauch des eigenen Handelns, einsetzen. Ziel ist die Erkenntnissteigerung um die entropischen Wirkungen unseres Handelns.

8. Fazit

Handlungen und ihr Ressourcenbedarf sind im Interesse des Erhalts zukünftiger Handlungsmöglichkeiten des Systems unter dem 2. HS der Thermodynamik zur Entropie, abzuwägen.

Der Beitrag ist eine inhaltliche Reflexion über Systemhandlungen im Kontext von Entropie, Raum und Zeit (2.Kap). Die Analyse verbindet interdisziplinär physikalische, soziologische und betriebswirtschaftliche Perspektiven.

Das Ressourcenmanagement des mit den Handlungen verknüpften Ressourcenbedarfs entscheidet über die Entropieentwicklung des Systems (3.Kap). In Abhängigkeit der Ressourcenarten und der Ressourcennutzungsziele entwickeln sich die Entropieverläufe unterschiedlich und damit die Handlungsmöglichkeiten für ein System. Im Systemraum finden die Verhältnisse ökonomischer und entropischer Qualität Beachtung. Aus ihnen gehen Empfehlungen für ein betriebliches Ressourcenmanagement hervor.

Für eine Handlungsanalyse, die der entropischen Gesetzmäßigkeit auf das System Rechnung trägt und in operativen Alltag zur Nachhaltigkeit des Handelns beiträgt, ist eine bildliche Darstellung essentiell, die den entropischen Zusammenhang vermittelt und dabei komplexitätsbewältigend wirkt.

Der Beitrag entwickelt unter der Entropieperspektive Piktogramme und andere Abbildungen zu Systemhandlungen, die bildlich didaktische Wirkungen entfalten. Die ikonographischen Aussagen sollen den reflektierenden Akteuren einen unmittelbaren Zugang für die Notwendigkeit zu geänderten Handlungsweisen eröffnen. Das hier vorgelegte grafische Analyseinstrumentarium bildet ein Mittel zur Reflexivität entropischer Wirkungen von Handlungen (4. Kap.).

Ausgehend von einem geschlossenen System sind die Handlungsmöglichkeiten für ein offenes System demgegenüber vielgestaltig. Durch Systemdurchlässigkeit und Partia-linklusion eröffnen sich dem offenen System Handlungsmöglichkeiten zum Systemerhalt. Deutlich sind offene System in der Lage durch Varianten an Gleichgewichtsarten, auf Störungen und Krisen im Interesse des Systemerhalts strukturell angemessen zu reagieren (5. Kap.).

Entropie als Informationsmangel für den Systembeobachter, vor allem sozialer Systeme, bedeutet das *Versagen*, die für *Funktionalität* (vornehmlich bei internen Systembeobachtern und/oder das *Verständnis* (vornehmlich bei externen Systembeobachtern) benötigten Informationen zu erlangen (6. Kap.). Unabhängig vom Beobachtungsausschnitt, entscheiden Informationsmenge, Informationsqualität, Beobachtungsposition über die Höhe der Negentropie als ein Maß notwendiger und hinreichender Informationen für die Systemanalyse.

Am Ende des Beitrages sind die Abbildungen und die darin enthaltenen Piktogramme mit ihrem ikonographischen Kommentar gelistet (Abb.7). Die Abb. 3: „Wirkungen des Ressourcenmanagements auf die Entropie im System“ befindet sich auf der Rückseite jedes Piktogramms; sie führt Ressourcenumgangsformen zusammen mit Auswirkungen auf die Entropieentwicklung. Tabelle 1 zeigt Möglichkeiten der Partialinklusion.

Eine abschließende Bewertung erfahren die Piktogramme (I) – (VI) als Reflexionskarten des kollektiven- und/oder eigenen Handelns.

Literaturverzeichnis

- Allport, F.H. (1933), *Institutional Behavior, Essays Toward a Re-interpretation of Contemporary Social Organization*, Chapel Hill, N.C.
- Allport, F.H. (1937), Toward a science of public opinion *Public Opinion Quarterly*, Volume 1, Issue 1, January 1937, Pages 7–23, S. 8f., 15
- Bleichert, A. (1970), Homöostase als Regelungsproblem, in: *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, Vol. 15, Berlin 1970, Nr. 3, S. 94-99
- Bliss, Christoph (2000), *Management von Komplexität: ein integrierter systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion*, Diss., Wiesbaden
- Borgnakke, Claus (2025), *Fundamentals of Thermodynamics*, 11. A., New Jersey
- Dorner, H. (1871), *Grundzüge der Physik*, Hamburg
- Edmonds, David (2021), *Die Ermordung des Professor Schlick, Der Wiener Kreis und die dunklen Jahre der Philosophie*, München
- Eisler, Rudolf (1913), *Handwörterbuch der Philosophie*, Berlin
- Feynman, Richard P./Leighton, Robert B./Sands, Matthew (2007), *Mechanik, Strahlung, Wärme, Vorlesungen über Physik, Band I, [Chapter What is energy?]* Kap.4.1, 5.A., München
- Giddens, A. (1997), *Die Konstitution der Gesellschaft: Grundzüge einer Theorie der Strukturierung*, 3.A., Frankfurt a.M.
- Groß, Angelique (2015), *Die Bildpädagogik Otto Neuraths. Methodische Prinzipien in der Darstellung von Wissen*, Heidelberg
- Hahne, Erich (2004), *Technische Thermodynamik*, 4.A., München
- Hanszen, Karl-Joseph (1960), *Theoretische Untersuchungen über den Schmelzpunkt kleiner Kügelchen. Ein Beitrag zur Thermodynamik der Grenzflächen*, *Zeitschrift für Physik* 157, S. 523-553
- Heidemann, Wolfgang (2016), *Technische Thermodynamik*, Weinheim
- Kittel, Charles/Krömer, Herbert (2013), *Thermodynamik*, 6.A., München
- Kosiol, Erich (1962), *Unternehmung*, in: *HdB Bd. 4*, 3.A., Stuttgart 1962, Sp. 5540-5545
- Krcal, Hans-Christian (2023), *Eine entropisch-ökonomische Analyse der „Routine“*, Discussion Paper Series, No. 738, Department of Economics, University of Heidelberg

- Krcal, Hans-Christian (2020), Entropie im System – die strukturelle Beschaffenheit der betrieblichen Kraftbasis, Discussion Paper Series, No. 691, Department of Economics, University of Heidelberg
- Krcal, Hans-Christian (2003), Systemtheoretischer Metaansatz für den Umgang mit Komplexität und Nachhaltigkeit, in: Leisten, Rainer/Krcal, Hans-Christian (Hrsg.), Nachhaltige Unternehmensführung, Wiesbaden, S. 3-30
- Lauth, Jakob „SciFox“/Kowalczyk, Jürgen (2022), Thermodynamik, 2.A., Berlin
- Leonard-Barton, D. (1992), Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development, in: Strategic Management Journal 13, S. 111-126
- Mainzer, Klaus (2008), Komplexität, Paderborn
- Müller, Rainer (2025), Thermodynamics, Berlin
- Nickel, Ulrich (2019), Lehrbuch der Thermodynamik, 3.A., Erlangen
- o.V. (1991), Wörterbuch der Symbolik, hrsg. v. Lurker, Manfred, 5.A., Stuttgart
- Ostwald, Wilhelm (1912), Der energetische Imperativ, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig
- Panofsky, Erwin (2006), Ikonographie und Ikonologie: Bildinterpretation nach dem Dreistufenmodell, 1. A., Köln
- Pfeffer, Jeffrey/Salancik, Gerald R. (1978), The external control of organizations, New York
- Pichler, Wolfram/Ubl, Ralph (2016), Bildtheorie zur Einführung, 2.A., Hamburg
- Rifkin, Jeremy (1982), Entropie, ein neues Weltbild, Hamburg
- Schreyögg, Georg/Sydow, Jörg/Koch, Jochen (2003), „Organisatorische Pfade – Von der Pfadabhängigkeit zur Pfadkreation?“, Managementforschung 13 (2003), hrsg. v. G. Schreyögg, G./Sydow, J., Wiesbaden S. 257-294
- Schrödinger, Erwin (1951), Was ist Leben? – die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet, 2.A., Bern
- Schweitzer, Marcel (1990), Industriebetriebslehre, 1. A., München 1990
- Sievoka, Norman (2018), Philosophie der Zeit, München
- Simon, Fritz (2009), Einführung in die Systemtheorie und Konstruktivismus, 4.A., Heidelberg
- Spencer-Brown, George (1969), Laws of Form, London
- Stadlmayr, Werner (2018), Thermodynamik – nicht nur für Nerds, Wiesbaden 2018

Teune, Henry (1988), Growth, Newbury Park

Titz, Sven (23.7.2013), Entropie, in: Welt der Physik, Onlinemagazin, hrsg. v. Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt, Deutsche Physikalische Gesellschaft [<https://www.weltderphysik.de/thema/phaenomene-der-thermodynamik/entropie/>] [Zugriff 3.5.2024]

Ulrich, Hans (1968), Die Unternehmung als produktives soziales System, Bern

Ulrich, Hans (1970), Die Unternehmung als produktives soziales System, 2.A., Bern

v. Bertalanffy, Ludwig (1973), General system theory. Foundations, development, applications, Harmondsworth

Wöhe, Günter/Döring, Ulrich/Brösel, Gerrit (2020), Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 27.A., München

Wöhe, Günter (2002), Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 21.A., München 2002

Wiesen, Herbert (2003), Kausalität, in: Wulff D. Rehfus (Hg.), Handwörterbuch Philosophie, Göttingen, S. 419