Anhang: Mathematische Beschreibung des Konversionsprozesses

Das Nichtgleichgewichtssystem bzw. der Konversionsprozess ist vertikal in 4 Prozessebenen gegliedert.*) Diese Ebenen

*) Diese Prozessebenen sind nicht zu verwechseln mit den Bindungsebenen der Kontrollprozesse, den hierarchischen Ebenen der Hierarchischen Prozesse oder den Komplexitätsebenen des Emergenzprozesses.

beinhalten den „Hauptprozess“, die „Aufgabenprozesse“, die „Kontrollprozesse“ und die „Elementarprozesse“ (s. Haupttext, Kap. 4.1.1). Jeder Prozess besteht aus 4 Stadien, die ihrerseits den untergeordneten Prozess enthalten, der sich wiederum aus 4 Stadien zusammensetzt. Es sind also 4+16+64+256=340 Prozessstadien zu durchlaufen, die aber in nur 20 Formeln beschrieben werden können.

1. Hauptprozess

Der Hauptprozess übernimmt die Nachfrage als Anregung aus der Übergeordneten Umwelt und trägt deren Stärke (Q_e) in den Konversionsprozess ein. Umgekehrt wird auch das Angebot des Systems an die Übergeordnete Umwelt weitergegeben. Das heißt auch, dass die Schwingungen des übergeordneten Fließgleichgewichtssystems (z.B. des Marktes) in das System eingebracht werden und den Rhythmus des Konversionsprozesses bestimmen. Die Übertragung lässt sich mittels der Lotka-Volterra-Gleichungen (Formel 12, Abb. 12) beschreiben.

4 Stadien sind erkennbar:
1. Adoption: Das Nichtgleichgewichtssystem erhält Informationen (Nachfrage) als Stimulus aus der Übergeordneten Umwelt und transportiert sie zur Untergeordneten Umwelt, die die Energie liefern soll.
2. Produktion: Die Energie wird von der Untergeordneten Umwelt in das System gegeben; sie durchfließt das System von unten nach oben; dabei wird sie zum Produkt umgestaltet, das der Übergeordneten Umwelt angeboten wird.
Dies ist der Induktionsprozess. Das Angebot wird von der Übergeordneten Umwelt akzeptiert oder nicht; dies ist für den nächsten Induktionsprozess entscheidend. Daneben ist der Reaktionsprozesses zu berücksichtigen, dessen Aufgabe es ist, das System selbst anzupassen, zu vergrößern oder zu verkleinern:
3. Rezeption: Wie bei der Adoption wird Information von oben nach unten durch das System gesandt; gegebenenfalls wird die Untergeordnete Umwelt aufgefordert, Energie für die Umformung des Systems anzubieten.
4. Reproduktion: Die Energie wird aus der Untergeordneten Umwelt vom System aufgenommen; dabei ändert sie entsprechend den Vorgaben

aus dem Rezeptionsstadium die Gestalt des Systems. Dies ist die „Selbstorganisation“.

Die die vier Stadien beschreibenden Formeln in der 2., 3. und 4. Prozessebene sind gleich. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, beschränken wir uns auf eine Darstellung des Informationsflusses im Induktionsprozess, d.h. auf die „Adoption“.

2. Aufgabenprozesse und Kontrollprozesse

Der Aufgabenprozess repräsentiert die 2. Prozessebene. Er beinhaltet die eigentliche Prozesssequenz, die das Nichtgleichgewichtssystem bzw. den Konversionsprozess charakterisiert (systemische Dimension T_e). Im Detail unterscheiden wir im Bereich jedes Hauptprozessstadiums 4 Aufgabenprozessstadien. Im hier näher behandelten Adoptionsstadium wird die Information, d.h. die Nachfrage nach Energie aus der Übergeordneten Umwelt, durch das System zur Untergeordneten Umwelt geführt. Im Einzelnen: Die Information wird
1) in das System eingegeben (Perzeption),
2) von dem System aufgenommen (Determination),
3) auf die Elemente verteilt (Regulation), und
4) von diesen aufgenommen und an die Untergeordnete Umwelt weitergegeben (Organisation).

Innerhalb der Aufgabenstadien muss die Information in sämtliche Strukturen des Systems eingefügt werden. Damit gelangt sie in die 3. Prozessebene, d.h. zu den Kontrollprozessen (systemische Dimension H_i). Systembereich und Elementbereich werden durchschritten; d.h. es sind 4 Bindungsebenen zu berücksichtigen:
1) Elemente als solche, konfrontiert mit der Nachfrage aus der Übergeordneten Umwelt,
2) Elemente (soweit interessiert) im begrenzten System.
Dies ist der Systembereich.
3) Elemente werden mit dem System als Ganzheit konfrontiert, und
4) Elemente treten in Kontakt mit der Untergeordneten Umwelt.
Dies ist der Elementbereich.

2.1. Perzeption

Perzeption bedeutet hier den Empfang der Nachfrage nach Energie oder bestimmten materiellen oder immateriellen Gütern, d.h. den Empfang einer Nachricht oder Information. Die Diskrepanz zwischen Nachfrage und dem (nach Willen und Möglichkeit) bereit zu stellenden Angebot, stimuliert den Prozess in dem System, z.B. der Population. Je größer die Nachfrage, umso höher die Anregung. In der Informationstheorie wird dieser Vorgang formalisiert (Shannon und Weaver 1949/76; Schwarz 1981); der Stärke des Stimulus entspricht der Informationsgehalt, d.h. die Überraschung, die die Information auslöst. Zur Erläuterung des mathematischen Ansatzes

(Eigen und Winkler 1975, S. 168 f.): Die deutsche Sprache umfasst 29 Buchstaben (inklusive der Umlaute) und 1 Leerzeichen, also zusammen 30 Symbole *S*. Sie gruppieren sich zu Silben, Wörtern und Sätzen. Um zu einem Maß für den Informationsgehalt *I*, der sich in einem einen Prozess beschreibenden Algorithmus verwenden lässt, zu gelangen, nehmen wir hier, um das Verständnis zu erleichtern, an, dass alle Symbole mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten (was in der Realität meist nicht der Fall ist); sie seien zu jeweils 100 Buchstaben umfassenden Sätzen *M* zusammengefügt. Dann gibt es 30^{100}, d.h. $D=S^M$ Möglichkeiten, diese Sätze zu gestalten (Mikrozustände). Legen wir den binären Logarithmus log_2 zugrunde, kommen wir zu den Beziehungen $I_m = M*log_2S$ *bits.* Nun kann der Formelapparat der Informationstheorie verwendet werden. Das Ergebnis ist jeweils eine extensive Größe.

1. Bindungsebene

Die Nachfrage gelangt aus der Übergeordneten Umwelt in das System. Das System definiert sich hier ausschließlich als eine Menge von Elementen, von Solida. Diese sind für sich selbst, ohne die Restriktion durch die Grenzen des Systems (Abb. 1). Der Informationsgehalt I_i pro Symbol *S* wird durch die Formel

$$I_i = \log_2 S$$

repräsentiert (s.oben). Jedes der Symbole erscheint mit der Wahrscheinlichkeit $p_i = 1/S$. Durch die Wahl des Logarithmus der Basis 2 erhalten wir die Dimension *bit.* So ist die Formel für den Informationsgehalt je Symbol

$$I_i = -\log_2 p_i bits$$

und bei einer Nachricht mit M Symbolen

[1] $$I_m = -M * \log_2 p_i bits$$

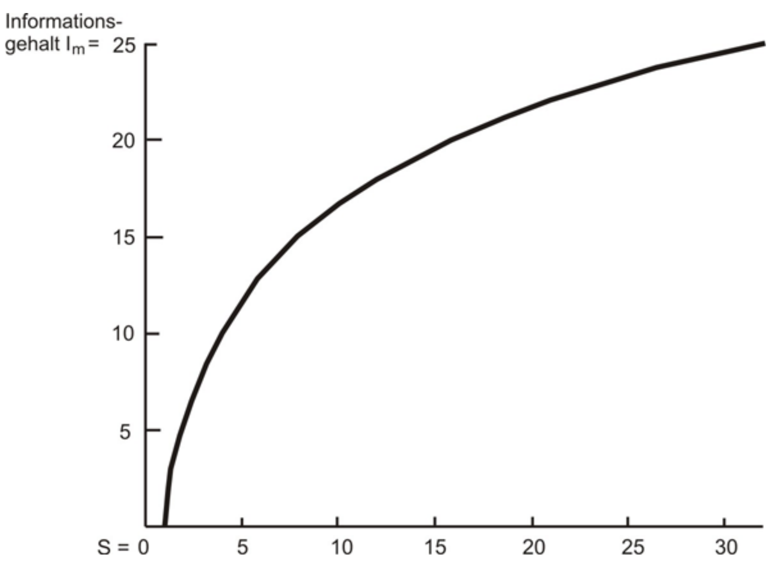

Abb. 1: Graph zur Illustration der Formel 1 (M = 5) (nach Young 1975, S. 34).

2. Bindungsebene

Die Elemente erhalten ihre Position und Funktion in dem System und erscheinen als Komponenten eines begrenzten Systems. Jedes einzelne Element strebt danach, ein Gleichgewicht in dem System zu halten:

Der Stimulus (Symbol *A*) wird an die Elemente (Symbol *B)* eines begrenzten Systems übermittelt. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Symbole *A* und *B betroffen werd*en, ist *p(A)* und *p(B).* Dabei ist *p(A) = 1 - p(B).* Wenn die Symbole beider Kategorien mit der selben Wahrscheinlichkeit auftreten, d.h. wenn *p(A) = p(B)*, dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Repräsentant der Kategorie *A* oder *B* auftritt, 0,5. Das bedeutet, dass der Informationsgehalt (die Stärke des Stimulus) am höchsten ist (Abb. 2). Wenn jedoch *p(A)* = 0, dann ist *p(B)* = 1 [oder wenn *p(B)* = 0, dann ist *p(A)* = 1], d.h. der Informationsgehalt *I* = 0; es gibt keinen Informationsfluss, d.h. das System wird nicht stimuliert. Die Formel für die durchschnittliche Stimulus-Stärke *I* des Systems, welches durch die beiden Kategorien *i = A* and *i = B* gekennzeichnet ist, ist (pro Symbol)

[2a] $$I_i = \sum_{i=A}^{i=B} p_i * \log_2 (\frac{1}{p_i}) bits$$

Dies ist die Formel der (Neg)Entropie (hier mit nur 2 Kategorien), wie sie die Informationstheorie vorgibt (Shannon und Weaver 1949/76, S. 61; Young 1975, S. 50 f.).

In vergleichbarer Weise lässt sich die (Neg)Entropie auch mehrerer oder zahlreicher Symbole (i = a, b, ... n) mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten ausdrücken, und damit kommen wir der Realität näher. Die Formel lautet dann:

$$I_i = -\sum_{i=a}^{i=n} p_i \log_2 p_i \quad \textit{bits pro Symbol}$$

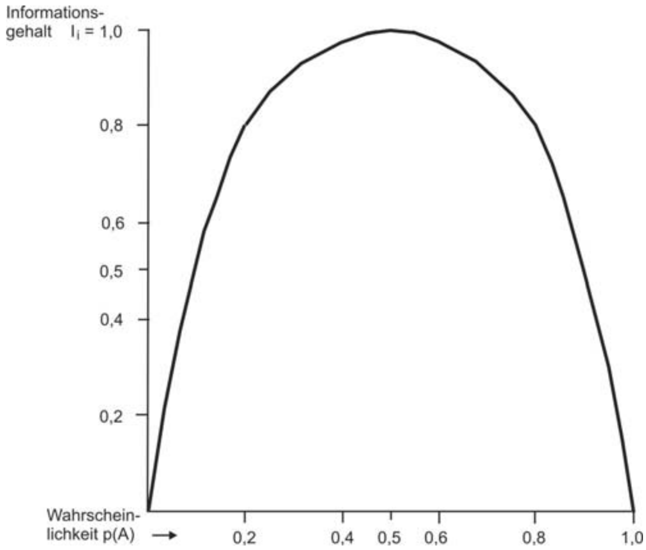

Abb. 2: Graph zur Illustration der Formel 2

Nun müssen wir berücksichtigen, dass wir die Nachricht in ihrem ganzen Umfang M kennen sollten, denn nur dann gibt sie die Stärke des Stimulus wieder:

[2b] $$I_m = -M * \sum_{i=a}^{i=n} p_i \log_2 p_i bits$$

Dabei ist M die Anzahl der Symbole in der Nachricht.

3. Bindungsebene

Der Stimulus wird vom Systembereich zu den Elementen im Elementbereich gebracht (Angebot an Nachfrage), die ihrerseits wünschen, den Stimulus zu erhalten, denn sie benötigen ihn für ihre eigene Existenz (Nachfrage nach Nachfrage). Der Stimulus wird durch den Systembereich repräsentiert und die Elemente, die den Stimulus nachfragen, durch den Elementbereich.

Auf diese Weise wird die Gruppierung von Elementen nochmals unterteilt, die Information fließt in beide Richtungen. Die Firma diene wieder als Beispiel: Der Systembereich (repräsentiert durch die Arbeitgeber) bietet potentielle Arbeit an (angebotene Nachfrage, Kennzeichen *A*), unterteilt in
I Kategorien (i = 1, ..., m). Die Elemente (repräsentiert durch die Arbeitnehmer) fragen eine gewisse Arbeitsmenge nach (nachgefragte Nachfrage, Kennzeichen *B*), geteilt in J Kategorien (j = 1, ..., n). Hier wird eine symmetrische bivariate Betrachtung verlangt, da die Objekte nach 2 Skalen gemessen werden. Die Häufigkeitsverteilung mag in einer Kreuztabelle dargestellt werden, wo die Zeilen das Kennzeichen *A* (Kategorie i) repräsentieren, die Spalten das Kennzeichen *B* (Kategorie j). Wir nennen die Produkt-Wahrscheinlichkeiten p_{ij}. Nun erhalten wir die folgenden Rand-Verteilungen:

$$p_i = \sum_{j=1}^{j=n} p_{ij} \quad \text{resp.} \quad p_j = \sum_{i=1}^{i=m} p_{ij}$$

Dementsprechend hat die nachgefragte Verbund-Entropie H(AxB) den Informationsgehalt (Schwarz 1981, S. 45)

[3a] $$I_v = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} p_{ij} * \log_2 \frac{1}{p_{ij}} bits$$

Von diesem ist die Transinformation, die den Grad der Verbindung zwischen den Kennzeichen *A* und *B* beschreibt, abgeleitet. Wir müssen „Rauschen" in Betracht ziehen, weil ein gewisser Teil der Information bei der Übermittlung verloren gehen mag. So müssen wir die Äquivokation von dieser Summe abziehen; damit erhalten wir die tatsächlich übermittelte Stimulus-Stärke. Dies ist die Transinformation

[3b] $$T(A,B) = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} p_{ij} * \log_2 (\frac{p_{ij}}{p_i * p_j}) bits$$

4. Bindungsebene

Das System kontaktiert nun die Untergeordnete Umwelt, um die Energie entsprechend dem Stimulus (der Nachfrage) zu erhalten. Das ganze System ist nun in den Informationsfluss eingebunden.

Die Information, d.h. die Nachfrage, ist vom System in die Untergeordnete Umwelt zu übertragen. Entsprechend der Informationstheorie mögen wir das als einen Übermittler oder eine Quelle (Kennzeichen *A*) des Stimulus (oder Nachfrage nach Energie) ansehen, und die Untergeordnete Umwelt als den Empfänger oder die Senke des Stimulus (Kennzeichnen *B*). Jedem der 2 Kennzeichen *A* und *B* sind 2 Kategorien zugeordnet ($i = 1, ..., m$; $j = 1, ..., n$). Die übermittelte Information wird mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit empfangen. So ist die Quellen-Entropie I_S mit der Senken-Entropie I_D konfrontiert. Dies kann in einer Tabelle (Zeilen und Spalten) dargestellt werden (= asymmetrischer Kanal der Informations-Theorie; s. Abb. 3; Schwarz 1981, S. 58 f.). Der Informationsgehalt der Verbund-Entropie H(A*B) kann in der folgenden Formel ausgedrückt werden:

[4a] $$I_v = \sum_i \sum_j p_{ij} * \log_2 \frac{1}{p_{ij}} bits$$

(Indizes für die Quellen-Entropie $i = 1...m$, für die Senken-Entropie $j = 1...n$; Wahrscheinlichkeit der Produktkategorien ist p_{ij}).

Es ist notwendig, das Rauschen in dem Übermittlungsprozess zu berücksichtigen (Abb. 3); ein gewisser Teil der übermittelten Information gelangt nicht von der Quelle zur Senke (Äquivokation); dadurch wird der Stimulus abgeschwächt. Auf der anderen Seite mag unerwünschte Information von außen in das System gelangen (Irrelevanz). Es ergibt sich als Transinformation:

[4b] $$T(A,B) = \sum_i \sum_j p_j * \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i * p_j} = bits$$

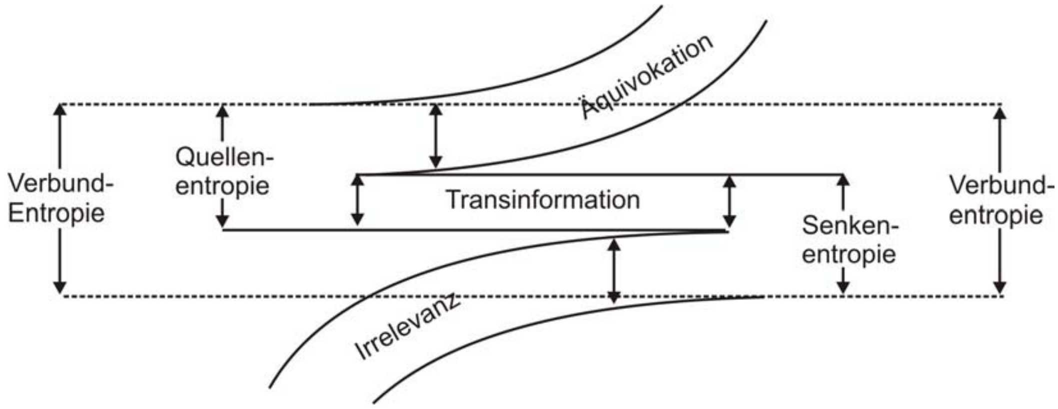

Abb. 3: Kanal-Modell, in welchen verschiedene Ausdrücke der Informationstheorie vorgestellt werden (Entwurf von Berger; nach Schwarz 1981, S. 59).

2.2. Determination

Hier wird das Verhältnis zwischen den eingegebenen Werten und der Aufnahmekapazität festgestellt; denn nur gerade soviel Stimuli können aufgenommen werden wie die Elemente und das System freie Kapazitäten besitzen. Das Ergebnis ist jeweils eine intensive Größe.

1. Bindungsebene

Der Stimulus wird von den Elementen des Systems (im Rahmen des Hauptprozessstadiums „Adoption“) aufgenommen. Eine Restriktion durch Grenzen des Systems existiert nicht; je höher die Zahl der Elemente, um so geringer ist die Anregung des einzelnen Elements (Abb. 4). So muss der Stimulus je Element durch die Zahl der Elemente dividiert werden. Nehmen wir an, die Anregung sei d = 1, die Zahl der Elemente gleich w, so ergibt sich

[5] $$d = \frac{1}{w}$$

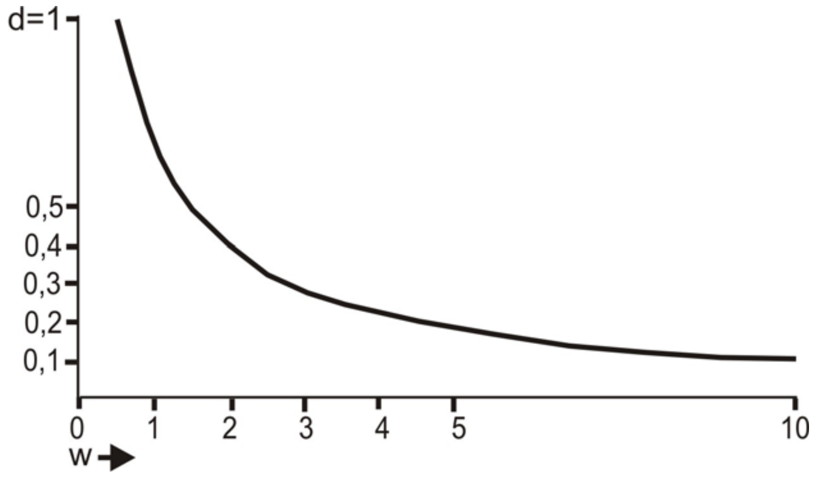

Abb. 4: Graph zur Illustration der Formel 5.

2. Bindungsebene

Das System hat eine begrenzte Zahl *c* Elemente. Von diesen können *w* Elemente nicht stimuliert werden, z.B. weil sie schon von anderer Seite stimuliert wurden. So können *(c - w)* Elemente stimuliert werden. *d* sei die Aufnahme-Kapazität des Systems. Je niedriger die Zahl *w*, um so mehr Anregung je Element kann aufgenommen werden. Wenn *w* = 0, dann ist *d* = 1. Wenn andererseits *w* = *c*, dann *d* = 0. Der Graph zeigt eine lineare Abnahme (Abb. 5).

[6] $$d = \frac{c - w}{c} = 1 - \frac{w}{c}$$

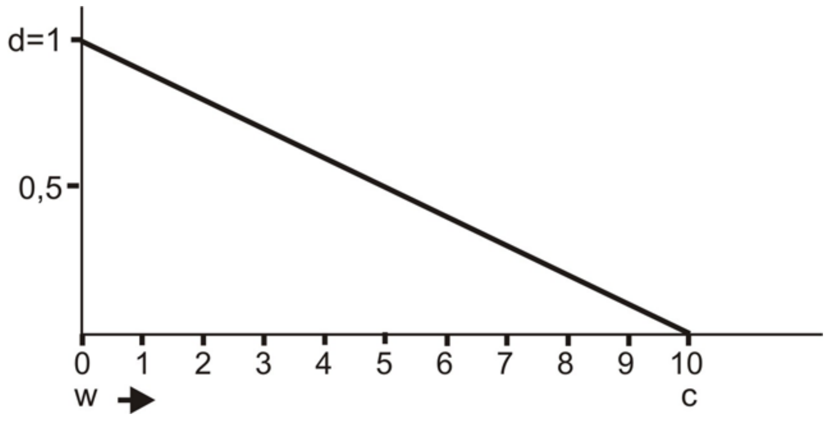

Abb. 5: Graph zur Illustration der Formel 6 (d = 1, c = 10).

3. Bindungsebene

Wir unterscheiden wieder zwischen Systembereich (Ebene des Systems) und Elementbereich (Ebene der Elemente). Beide, das Nachfrage anbietende System als Ganzes auf der einen Seite und die die Nachfrage nachfragenden Elemente auf der anderen Seite werden stimuliert (Abb. 6). Das System als Ganzes reagiert in derselben Weise wie in der 2. Bindungsebene. Die Totalität aller Elemente ist *c*, *w* Elemente können nicht stimuliert werden. Auf diese Weise können im Systembereich *c - w* Elemente stimuliert werden. Wenn wir annehmen, dass das System aus *c* = 10 und *w* = 0 Elementen besteht, ist der Anfangswert *d* = 1. Beim 1. Schritt (*w* = 1) ziehen wir 1/10 der 10/10 ab, so dass 9/10 bleiben. Das bedeutet *d = 1 - w/c*. Dies ist der 1. Term. Nun müssen wir bedenken, dass jedes Element (als Teil des Elementbereichs), also das 1/10 des Systems, weiterhin stimuliert werden kann, in der selben Weise wie der Systembereich. Auf diese Weise muss 1/10 von 9/10, d.h. (9/10)*(1/10) hinzugefügt werden. Zum 1. Term muss der 2. Term *(1-w/c)*(w/c)* addiert werden. Der Stimulus je Element beträgt

[7] $$d = 1 - \frac{w^2}{c^2}$$

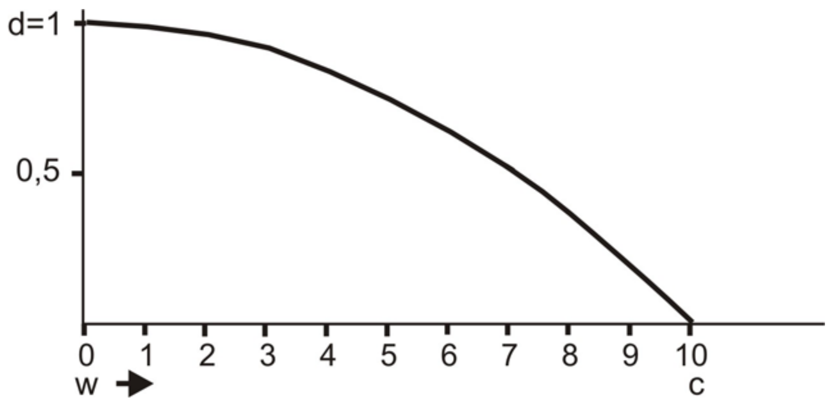

Abb. 6: Graph zur Illustration der Formel 7.

4. Bindungsebene

Das System *A* und die Untergeordnete Umwelt *B* beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Entwicklung (Abb. 7). Der Wert *c* zeigt wiederum die durchschnittliche Anzahl aller Elemente. Wir kehren zur 3. Prozessebene zurück (Formel 7); während in dem Fall der Wert des Stimulus wächst, sowohl mit Teil *A* (System als Ganzes) als auch mit Teil *B* (Elemente), ist es in diesem Fall anders: Was Part *A* gibt, wird von Teil *B* (die Untergeordnete Umwelt) aufgenommen, und umgekehrt.

Beide, System *A* und Untergeordnete Umwelt *B* beziehen sich aufeinander. So – im Gegensatz zur 3. Prozessebene - wird hier ein Mittelwert gesucht. Wir müssen das geometrische Mittel nehmen:

[8] $$d = \pm\sqrt{1 - \frac{w^2}{c^2}}$$

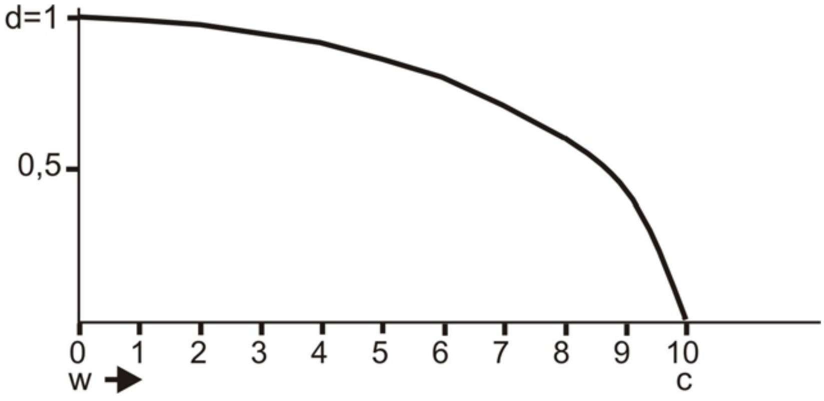

Abb. 7: Graph zur Illustration der Formel 8.

2.3. Regulation

Der Stimulus wird in die Menge der Elemente verbreitet. Es sind exponentielle Funktionen, denn mit jedem der *n* Schritte wird entsprechend der Zahl der Adoptoren auf dem vorhergehenden Wert aufgebaut. Das Ergebnis ist eine extensive Größe.

1. Bindungsebene

Die Elemente adoptieren den Stimulus (ohne Begrenzung durch die Systemkapazität; Abb. 8). Die Ausbreitung basiert auf der

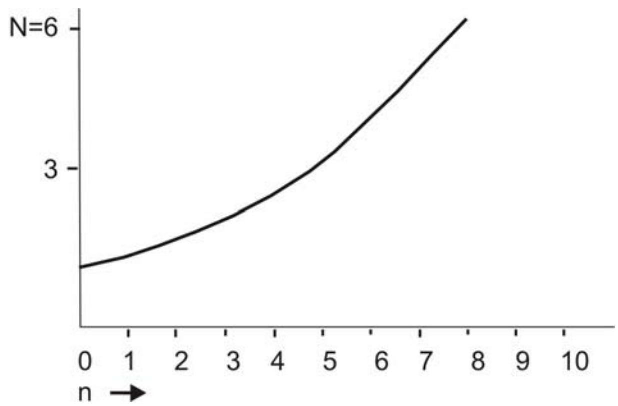

Abb. 8: Graph zur Illustration der Formel 9 (N_0 = 1, k = 1,2).

einfachen positiv-exponentiellen Gleichung (diskrete Form):

[9] $$N_n = k * N_{n-1}$$ *Adoptoren*

wo *N* die Zahl der Adoptoren ist, *n* die Zahl der Zeitschritte; *k* ist eine Konstante (Anstiegsfaktor).

2. Bindungsebene

Das System adoptiert die Nachfrage. Dieser Stimulus breitet sich in die Menge der Elemente eines Systems aus. Die positiv exponentielle Entwicklung wird durch einen negativ exponentiellen Gegentrend gebremst. Dies kann auf 2 Wegen geschehen: Entweder die Entwicklung wird durch die Untergeordnete Umwelt gebremst (Abb. 10), d.h. ein negativ exponentieller Term $M_n = M_{n-1}/a$ behindert das Wachstum mit jedem Schritt (*a* konstant):

[10a] $$N_n = N_{n-1} + O_n; O_n = O_{n-1} * M_n; M_n = \frac{M_{n-1}}{a}$$ *Adoptoren*

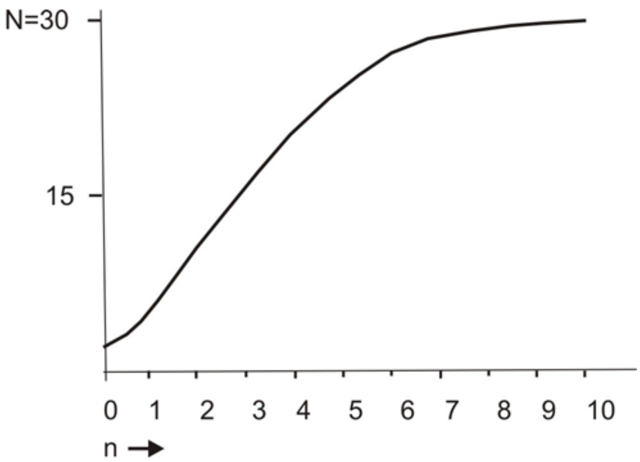

Abb. 9: Graph zur Illustration der Formel 10a (N_0 = 2, a = 1,2, O_0 = 2, M_0 = 2)

Oder die Entwicklung wird durch die begrenzte Kapazität des Systems als Ganzes behindert ("Logistische Funktion"; Abb. 10). In dem Fall ist die Größe des Systems bekannt. Die Konstante *K* definiert die Menge der möglichen Adoptoren (*a* ist konstant):

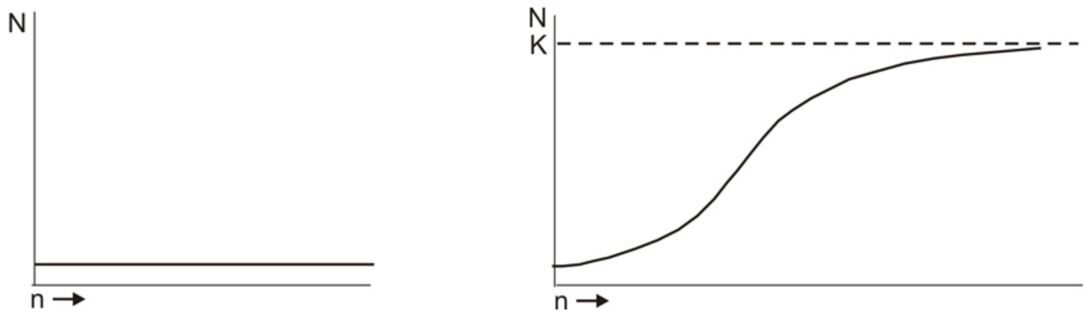

Abb. 10: Graph zur Illustration der Formel 10 b (Logistische Kurve). Strukturerhaltender (links) und strukturverändernder Prozess (rechts). In letzterem Fall ist K der die Veränderung begrenzende Wert (Kapazität des Systems).

[10b] $$N_n = N_{n-1} + N_{n-1} * \frac{K - N_{n-1}}{a}$$ *Adoptoren*

In beiden Fällen (Formeln 10a bzw. 10b als strukturverändernder Prozess) ist der Graph S-förmig.

3. Bindungsebene

Die wachsende Nachfrage wird von den Elementen übernommen. Sie wünschen diese, denn ihre Existenz hängt von ihr ab. Nach der Aufnahme wird die Nachfrage wieder abgezogen, damit sie in Richtung auf die Untergeordnete Umwelt (4. Bindungsebene) weitergegeben werden kann (Abb. 11). So wird das system-interne Anwachsen der positiv exponentiellen Entwicklung nicht nur abgebremst (ausgedrückt durch den negativ-exponentiellen Term M_{n-1}/a, wie bei der 2. Bindungsebene), sondern zusätzlich durch einen Term N_{n-1}/b reduziert. Das Resultat ist ein hügelförmiger Graph (n ist die x-Variable im Koordinatensystem:

[11] $$N_n = N_{n-1} + O_n - \frac{N_{n-1}}{b}; O_n = O_{n-1} * M_n; M_n = \frac{M_{n-1}}{a}$$ *Adoptoren*

(a und b sind Konstanten).

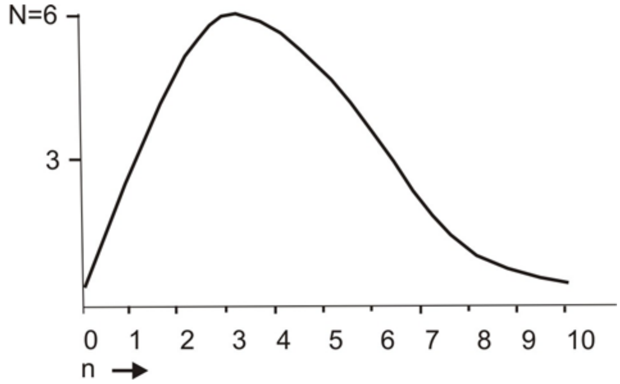

Abb. 11: Graph zur Illustration der Formel 11 (N_0=2, O_0=2, M_0=2, a=1,2, b=1,2).

4. Bindungsebene

Das System muss Rohmaterial, Energie etc. von dem System der Untergeordneten Umwelt erhalten. Auf diese Weise stehen sich 2 Systeme gegenüber, System *A* und System *B.* Die Nachfrage vom System *A* wird zur Untergeordneten Umwelt (System *B)* weitergegeben. Der Stimulus wird dort adoptiert. Die nachgefragte Energie selbst wird danach angeboten, um im Produktionsstadium durch das Nichtgleichgewichtssystem nach oben zur Übergeordneten Umwelt transportiert zu werden. System *A* und System *B* interagieren so miteinander (Abb. 12). Die Elemente *N* konstituieren das nachfragende (Nachfrage übermittelnde) System *A,* und die Elemente *M* das Nachfrage empfangende (und hinterher Energie anbietenden) System *B* der Untergeordneten Umwelt. Weil die Lieferung der Antwort (und nachher der nachgefragten Energie) durch die

Untergeordnete Umwelt Zeit benötigt, werden die Übermittlung und der Empfang verzögert. Schwingungen entstehen, die durch die Lotka-Volterra-Gleichungen beschrieben werden („Räuber-Beute-Beziehungen“; Lotka 1956, S. 88).

[12]

$$N_n = N_{n-1} + \frac{N_{n-1} * M_{n-1}}{a} - \frac{N_{n-1}}{b} \quad \text{Adoptoren A}$$

$$M_n = M_{n-1} - \frac{N_n * M_{n-1}}{c} + \frac{M_{n-1}}{d} \quad \text{Adoptoren B}$$

(*n* = Zeitschritte; *a, b, c, d* Konstanten).

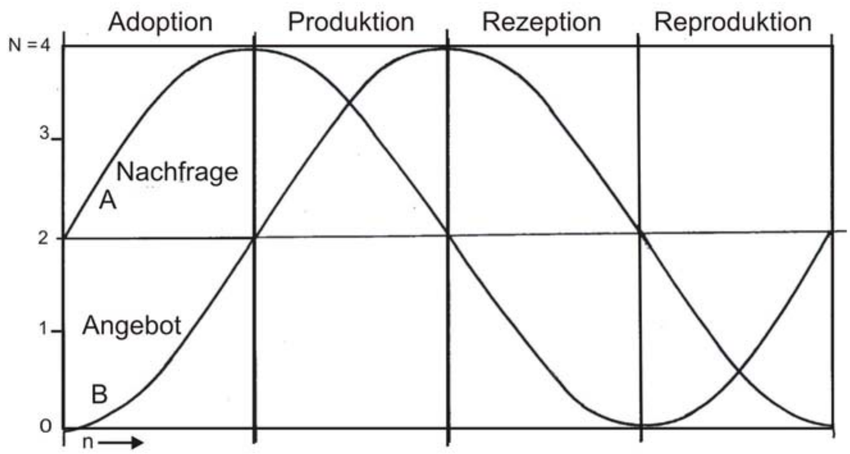

Abb. 12: Graph zur Illustration der Formeln 12. Nachfrage und verzögertes Angebot verursachen Schwingungen des Systems. Nachfrage und Angebot, Informations- und Energiefluss stimulieren oder behindern sich gegenseitig.

Die Schwingungen geben dem empfangenden System (s. auch Kap. 1 dieses Anhangs) seine Kontinuität und seinen Rhythmus. Sendende und empfangende Systeme regulieren sich selbst, indem sie versuchen, Nachfrage und Angebot mithilfe der Rückkopplung in ein Fließgleichgewicht zu halten.

2.4. Organisation

In diesem Aufgabenstadium wird der Übergang zwischen Adoptions- und Produktionsstadium formalisiert. Der Weg führt zunächst abwärts von der 1. über die 2. und 3. zur 4. Bindungsebene, damit zur Untergeordneten Umwelt, und wird mit den gegebenen Werten in Kontakt gebracht. Dies wird hier dargestellt. Als Wertmesser der Stärke des Stimulus diene die Zahl der (eventuell betroffenen) Elemente. Die Beziehungen sind jedes Mal probabilistisch, da nicht sicher ist, wie hoch (bei abwärts gerichtetem Verlauf des Prozesses) die neue Nachfrage gegenüber dem gegebenen Wert ist bzw. (bei aufwärts gerichtetem Verlauf des Prozesses) wie viel

Energie (Rohstoff) aus der Untergeordneten Umwelt im Verhältnis zur Nachfrage geliefert wird. Die Ergebniswerte sind intensive Größen. *)

*) Der aufwärts gerichtete Energie liefernde Prozess ist dem Produktionsstadium zuzuordnenden. Ihm liegen dieselben Formeln zugrunde, so dass es genügt, den Informationsfluss (als Teil des Adoptionsstadiums) zu beschreiben.

Zur Erinnerung: Die Einbringung des Stimulus erfolgt stufenweise:
- In der 1. Bindungsebene wird die Stimulusstärke aus der Übergeordneten Umwelt in ein Verhältnis zu der Summe der vorgegebenen Elemente gesetzt (relative Häufigkeit).
- In der 2. Bindungsebene werden die vorgegebenen Elemente durch den Stimulus angeregt.
- In der 3. Bindungsebene wird die Stärke des Stimulus und die Zahl der vorgegebenen Elemente in ein (Fließ-)Gleichgewicht gebracht.
- In der 4. Bindungsebene werden die stimulierten Elemente mit der Untergeordneten Umwelt konfrontiert.

1. Bindungsebene

Das Verhältnis zwischen der Stimulanz-Stärke *m* zu den sich darbietenden Elementen *n* wird nachgefragt. Wir nehmen an, dass das Ereignis, dass bei *n* Versuchen ein Stimulus für ein Element erscheint, gleich *E* sei. Zum leichteren Verständnis wählen wir einen Standard-Würfel mit 6 Flächen, jede Fläche entspricht einem Element: *n = 6; X* ist die Zufalls-Variable (= Erscheinen einer Augenzahl beim Wurf). Die Wahrscheinlichkeitsfunktion, dass bei einem Versuch ein bestimmtes Element (eine bestimmte Augenzahl) erscheint, ist f(x) = 1/6 (Abb. 13). So ist die Gleichung

[13] $$f(x) = P(X = x) = \frac{x_m}{x_n}$$

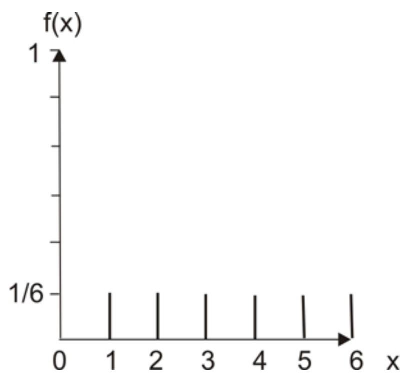

Abb. 13: Graph zur Erläuterung der Formel 13.

2. Bindungsebene

Die Stimuli sollen nun die vorgegebenen Elemente anregen. Jede Begegnung zwischen einem Stimulus und einem Element bedeutet, dass dieses Element stimuliert wird. Beide sind insgesamt gleich häufig. Der Einfachheit halber wollen wir wieder 6 Vertreter jeder Gruppe nehmen und sie gegeneinander schrittweise bewegen, zuerst jeweils 1, dann 2 usw., bis alle 6 Glieder jeder Gruppe einander gegenüberstehen (Abb. 14 und 15). Dann ist das System stimuliert. Wenn wir dies fortsetzen und die Skalen weiterschieben, wird Zahl der Elemente im Durchschnitt wieder in entsprechender Weise abnehmen. Wir können diese Kombination in eine Wahrscheinlichkeitsfunktion umwandeln. So werden 2 Folgen in derselben Weise miteinander kombiniert wie in einem Spiel mit 2 Würfeln. Mit jedem Wurf resultiert ein Paar von Nummern: (1,1), (1,2), ... (z,z). Die Summe x_i kann wenigstens die Nummer 2 und höchstens die Nummer $z+z$ (bei Standardwürfeln 12 Punkte) erhalten. Das Ergebnis ist, dass die Zufallsvariablen X_1, X_2 ... symmetrisch um ein Zentrum $x = m$ (Durchschnitt bei idealen Würfeln 7 Punkte) angeordnet sind, d.h. sie haben dieselbe Wahrscheinlichkeit P, so dass

$$P(X = m + k) = P(X = m - k) \text{ für } k = 0, 1 \dots m - 2.$$

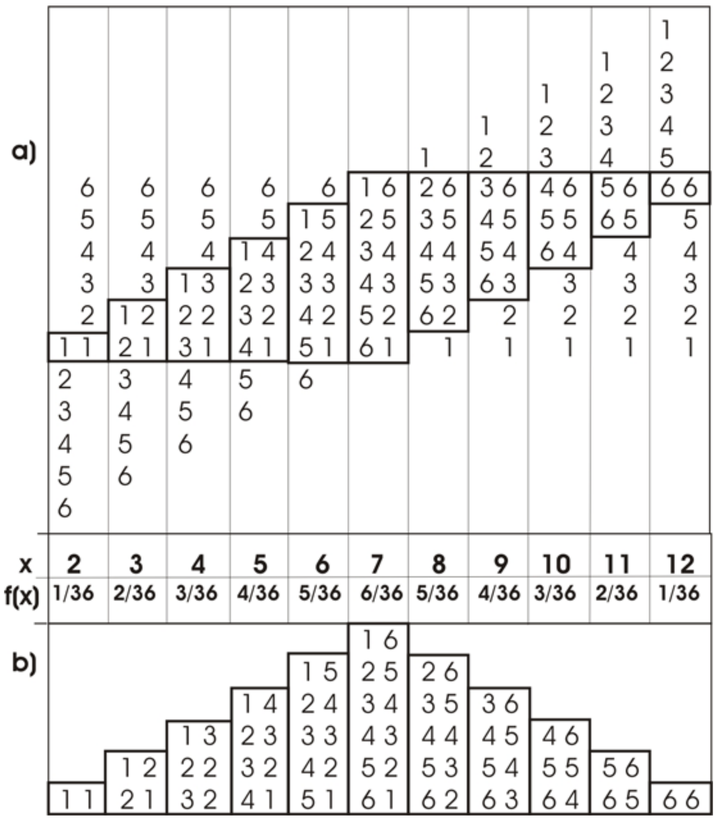

Abb. 14: Illustration der Wahrscheinlichkeitsfunktion (Formel 14). a) Summe der Begegnungen zwischen den stimulierenden (jeweils 1. Ziffern) und den zu stimulierenden (jeweils 2. Ziffern) Elementen in einem begrenzten System (eingerahmte Nummernfolgen). b) Summe der Augen von 2 idealen Würfeln. Die

jeweils linken Nummern bezeichnen die Augenzahl des 1. Würfels (stimulierende Elemente), die jeweils rechten Nummern die Augenzahl des 2. Würfels (zu stimulierende Elemente).

Dies resultiert in der Wahrscheinlichkeitsfunktion*:*

[14] $$f(x) = P(X = x) = \frac{x_z - |x_z + 1 - x|}{x_z^2}$$

(x = die Summe der Elemente oder Punkte; x_z = höchster Wert der einzelnen Skala (bei dem Würfel = 6); $f(x)$ = Wahrscheinlichkeit).

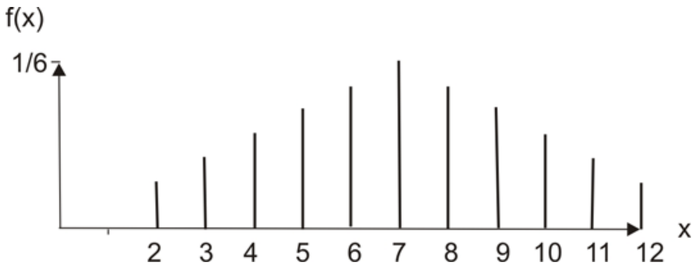

Abb. 15: Graph zur Illustration der Formel 14.

3. Bindungsebene

Der Stimuli anbietende (System-)Bereich sei dem Stimuli nachfragenden (Element-)Bereich gegenübergestellt. Es wird ein internes Gleichgewicht zwischen beiden angestrebt, das Ziel ist der größte gemeinsame Nutzen. Die Binomial-Verteilung ist hier anzuwenden (Abb. 16). Es gibt Fluktuationen im Detail, aber um einen konstanten Mittelwert (Erwartungswert). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein - als Element gemessener - Stimulus erscheint (Ereignis *E*) sei *p,* die Wahrscheinlichkeit, dass ein einen Stimulus nachfragendes Element erscheint, sei 1-*p.* Bei *x* stimulierenden Elementen und *n-x* Elementen, die stimuliert werden sollen, gibt es

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

verschiedene Permutationen. Die gesuchte Wahrscheinlichkeitsfunktion (Binomialverteilung) ist

[15] $$f(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} * p^x * (1-p)^{n-x}$$

(x = 0, 1....n).

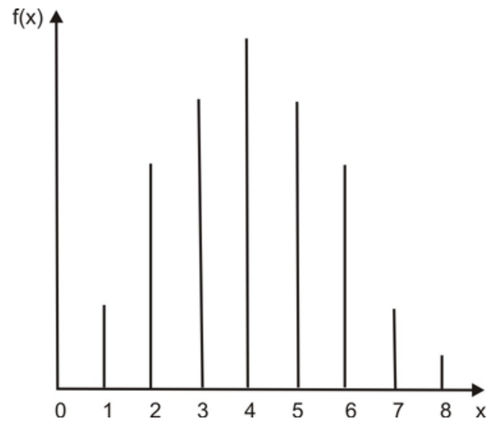

Abb. 16: Graph zur Illustration der Formel 15.

4. Bindungsebene

Die (als Elemente gewichteten) Stimuli des Systems *A* und die Elemente der Untergeordneten Umwelt *B* erscheinen jeweils mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (Variable X,Y, Multinomial-Verteilung; Abb. 17). In einer Folge von *n* einzelnen Versuchen erscheinen die Stimuli des Systems genau *x* mal (Ereignis *A*, Zufallsvariable *X*) auf der einen Seite, und die Elemente der Untergeordneten Umwelt genau *y* mal (Ereignis *B,* Zufallsvariable *Y)* auf der anderen Seite. Die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten sind $p_x + p_y$, wenn wir annehmen, dass $p_x + p_y + p_{n-x-y} = 1$. Von *x, y* und *n-x-y* Elementen gibt es

$$\frac{n!}{x!\,y!(n-x-y)!}$$

Permutationen. So ist die Wahrscheinlichkeitsfunktion

[16]

$$f(x,y) = P(X = x; Y = y) = \frac{n!}{x!\,y!(n-x-y)!} * p_x{}^x * p_y{}^y * (1 - p_x - p_y)^{n-x-y}$$

In unserem Fall führen A und B miteinander Schwingungen aus (Formel 12). Als Ergebnis erhalten wir eine Kreisbewegung (Rotation).

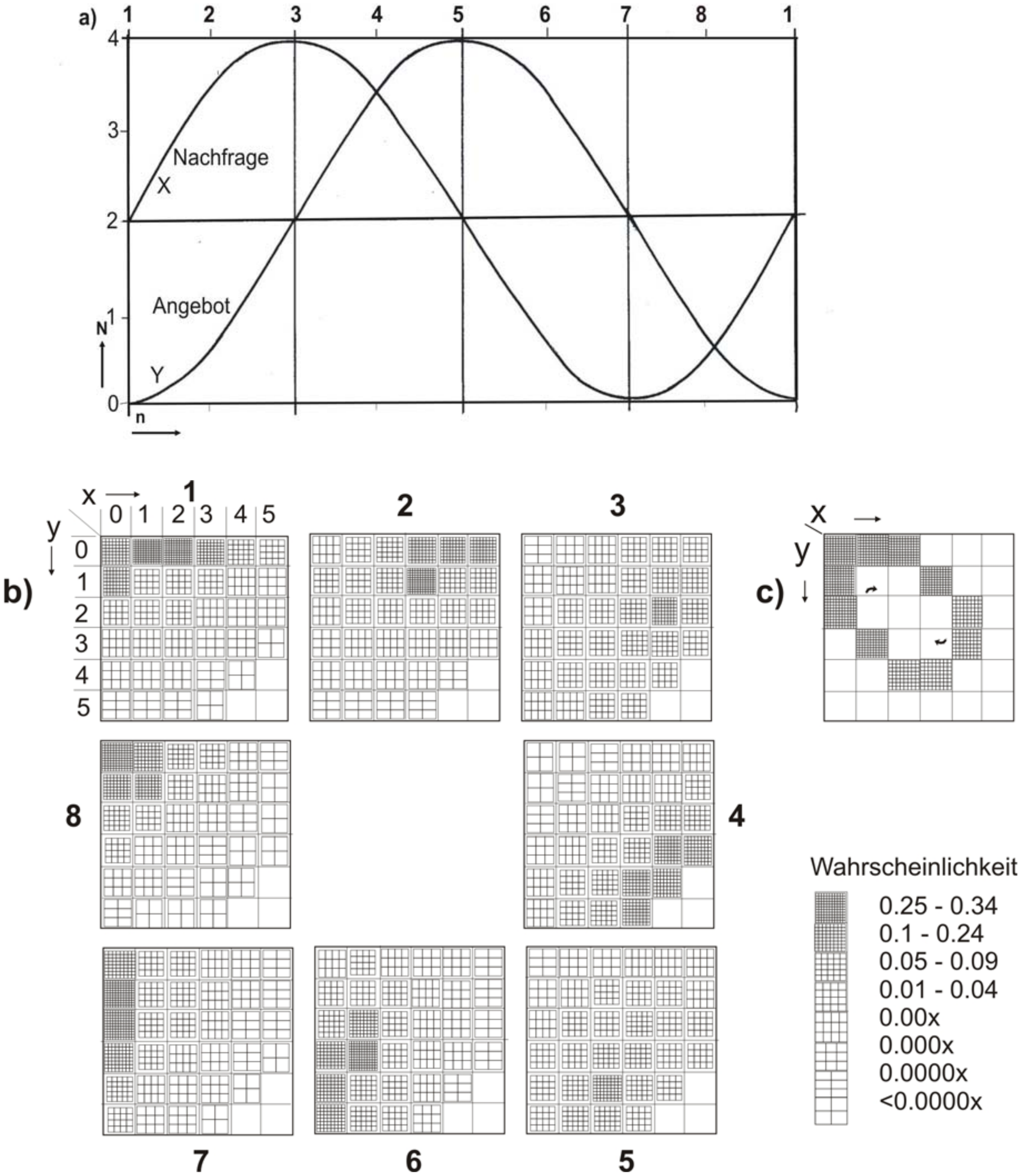

Fig. 17: Illustration zur Formel 16: Kombination der Lotka-Volterra-Gleichungen mit der Multinomial-Verteilung.
a) Schwingungsprozess in Folge der Interaktion zwischen Nachfrage und Angebot (Lotka-Volterra-Beziehungen, s. Formel 12 und Abb. 12). 8 Querschnitte sind dort gelegt, wo Nachfrage und Angebot in besonderem Verhältnis zueinander stehen;
b) Wahrscheinlichkeitswerte nach der Multinomial-Verteilung.
c) Die Maxima der 8 Verteilungen sind separat dargestellt, so dass die Kreisbewegung sichtbar wird.

3. Elementarprozesse

Der Weitwirkungseffekt (Fliedner 2005, S. 40 f.) kann mithilfe des Newton'schen Gesetzes der Schwerkraft beschrieben werden. Nahe dem Zentrum ist die Dichte der Elemente, die Kontakt suchen, sehr hoch; sie nimmt zuerst stark, dann aber immer langsamer nach außen zu ab, um nach der Peripherie hin auszudünnen.

Wir setzen voraus, dass die Anziehungskraft des Zentrums durch neu eingegebene stimulierende Elemente zunimmt. Dadurch vermehren sich auch der Weitwirkungseffekt und der Raumbedarf. Dies bewirkt eine räumliche Änderung im System, und zwar in 4 Prozess-Stadien:

1. Prozess-Stadium

Stimulierende Elemente N als räumliche Einheiten werden in das System mit dem gegebenen Volumen K eingebracht. Damit erhöht sich die Elementdichte im System. Die Formel für negativ exponentielles Wachstum:

[17] $$N_n = N_{n-1} + \frac{K - N_{n-1}}{k}$$

(*N* = Zahl der Elemente als räumliche Einheiten; *n* = Zahl der Zeitschritte; *k* = Konstante, Steigungsfaktor; *K* = Obere Grenze.

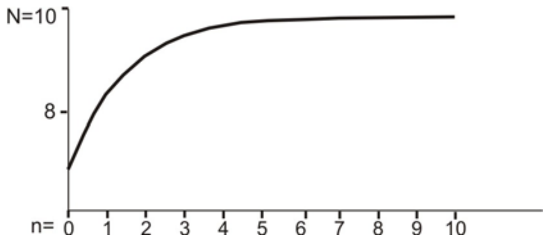

Abb. 18: Graph zur Illustration der Formel 17 (N_0=2, K=10, k=2).

2. Prozess-Stadium

Die Steigerung der Dichte im System muss in die Zahl der Schritte umgesetzt werden. Die Formel für eine lineare Entwicklung:

[18] $$N_n = N_{n-1} + k$$

(*n* = Zahl der Schritte zum Zeitpunkt n; *k* = Konstante, Anstiegsfaktor.

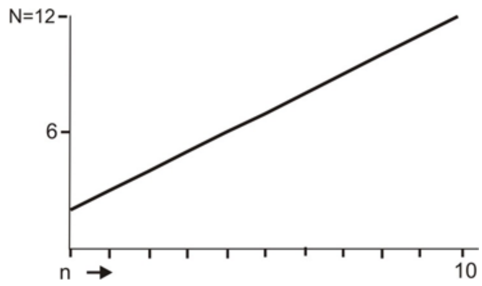

Abb. 19: Graph zur Illustration der Formel 18 (N_0=2, k=2).

3. Prozess-Stadium

Mit der Zunahme der Schrittzahl steigt die Zahl der Elemente im System. Die Formel für eine positiv exponentielle Entwicklung (s. auch Formel 9):

[19] $$N_n = N_{n-1} * k$$

(*N* = Zahl der verbreiteten Elemente als räumliche Einheiten; *n* = Zeitschritte; *k* = Konstante, Anstiegsfaktor).

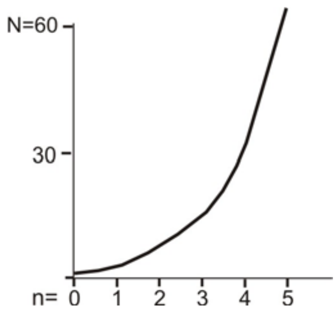

Abb. 20: Graph zur Illustration der Formel 19 (N_0=2, k=2).

4. Prozessstadium

Die Zahl der Elemente ist angestiegen. Das Volumen des Systems muss nun gleichfalls ansteigen. Die Dichte der Elemente hängt von der Distanz zum Zentrum des Systems ab. Um dem Rechnung zu tragen, wird ein Exponent *a* eingefügt. Er gibt die geometrische Raumdimensionalität an:
1. Schritt $N_1 = N_0^{\,a} * k$, 2. Schritt $N_2 = N_1^{\,a} * k$, etc.

[20] $$N_n = (N_{n-1})^a * k$$

(*n* = Zeitschritte, *k* = Konstante, Steigungsfaktor).

Bei einer ebenen Oberfläche ist *a* = 1. Für einen (geometrisch) dreidimensional gestalteten Raum *a* = 2 (entsprechend Newton's Gravitationsgesetz); zudem muss eine inhaltliche Komponente eingebracht werden, die zum Ausdruck bringt, dass die Elemente verschiedenen Raumbedarf haben und die Erreichbarkeit des Zentrums u.a. von den Verkehrsmitteln abhängt.

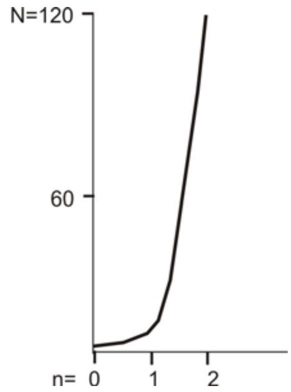

Abb. 21: Graph zur Illustration der Formel 20 (N_0=2, k=2, a=2).

Diese die „Adoption“ beschreibende Formelsequenz dürfte alle Konversionsprozesse hinreichend beschreiben. Es bedarf aber noch der Verifikation in der Praxis. Um Gewissheit zu erlangen, müssen empirische Untersuchungen durchgeführt werden. Ich denke in erster Linie an soziale und ökonomische Prozesse in Vergangenheit und Gegenwart.

Zitierte Literatur

Davies, Paul (1996): Die Unsterblichkeit der Zeit. Die moderne Physik zwischen Rationalität und Gott. Aus dem Englischen (About Time. Einstein's Unfinished Revolution). 3. Auflage. Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).

Eigen, Manfred und Ruthild **Winkler** (1975): Das Spiel. Naturgesetze steuern den Zufall. München (Piper).

Einstein, Albert: (1905/74): Zur Elektrodynamik bewegter Körper. In: Lorentz, H.A., A. Einstein, H.Minkowski: Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen. 7. Auflage. Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), S. 26-50.

Fisz, Marek (1976): Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik. Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften).

Fliedner, Dietrich (2005): Processes Constitute Our Complex Reality. A Theoretical Investigation. 2nd edition. http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2005/482/

Kreyszik, Erwin (1985): Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).

Lotka, A. J. (1925/56): Elements of mathematical Biology. (1. Auflage 1925). New York (Dover).

Schwarz, Reiner (1981): Informationstheoretische Methoden. Paderborn (Schöningh).

Shannon, Claude und **Weaver**, Warren (1949/76): Mathematische Grundlagen der Informationstheorie (Transl. from Americ.: The mathematical Theory of Communication). München and Wien (Oldenbourg).

Young, John F. (1975): Einführung in die Informationstheorie. München, Wien (Oldenbourg).