

Einführung in die Synergetische Linguistik

Christiane Hoffmann

Andrea Krott

Die synergetische Linguistik begreift Sprache als selbstorganisierendes System und nutzt systemtheoretische Konzepte zur Modellbildung. Sie ist funktional-analytisch ausgerichtet und kann Erklärungsansätze aus der quantitativen Linguistik in einen interdisziplinären Rahmen stellen.

Bei jeder wissenschaftlichen Tätigkeit müssen (mindestens) drei Fragen beantwortet werden. Zum ersten stellt sich die Frage nach dem Forschungsgegenstand, zum zweiten die Frage nach dem methodologischen Angang, zum dritten die Frage nach dem Erkenntnisinteresse. Die jeweiligen Antworten auf diese drei Fragen können nicht unabhängig voneinander gegeben werden, das Verständnis des Gegenstands prägt natürlich die Methoden, die angewandt werden, um ihn zu untersuchen, und spannt einen Rahmen für die Erkenntnisse, die gewonnen werden können. Andererseits prägen die Erkenntnisinteressen und prätheoretische Hypothesen in bezug auf ein Phänomen die grundsätzlichen Annahmen über den Forschungsgegenstand, die Mittel, mit denen dieser wissenschaftlich analysiert wird, sowie die Daten, die im Detail erhoben werden.

Der Systembegriff

Nach Altmann können grundsätzlich recht unterschiedliche Annahmen über den Forschungsgegenstand als Entität getroffen werden: er kann z.B. als Eigenschaft, Relation, Struktur, Geschichte, Funktion, Prozeß oder System verstanden werden. Diese grundsätzlichen Annahmen können wiederum miteinander zu einer komplexeren Sicht des Untersuchungsgegenstandes verzahnt und hierarchisch angeordnet werden, und Altmann betont:

„Systems encompass all other objects of investigation, since they consist of things having properties that build functional structures and are subject to processes.“ (Altmann, 1993:4)

In der Sprachwissenschaft lassen sich verschiedene Strömungen charakterisieren, die sich durch die Sicht auf ihr Forschungsobjekt unterscheiden (und damit bleiben Unterschiede in den anderen grundsätzlichen Fragen nicht aus, s.o.).

Während die Junggrammatiker der Geschichte der Eigenschaften ihres Forschungsobjekts ihr Interesse widmeten (und im Grunde nicht an Sprache, sondern an Wörtern interessiert waren: Atomismus und Historismus), führte der mit de Saussure einsetzende Strukturalismus einen (recht reduzierten) Systembegriff ein. System war hier im Grunde mit Struktur, die aus Elementen und Relationen zwischen diesen besteht, gleichgesetzt. Sprache (jeweils als *Langue* und *Parole*) war ein homogener (statischer)¹ Forschungsgegenstand, der mit geeigneten Mitteln (später z.B. der algebraischen Mathematik) beschrieben werden konnte. Gleichzeitig war aber immer auch offensichtlich, daß Sprache sich in vielen Bereichen durch Variabilität kennzeichnet (diasprachliche Phänomene, zu denen auch der Sprachwandel zählt), daß es sich bei Sprache um einen heterogenen / dynamischen Forschungsgegenstand handelt. Bei dem Versuch, mit dieser Variabilität wissenschaftlich umzugehen, können zwei sehr unterschiedliche Wege beschritten werden: zum einen kann die Variabilität reduziert², homogenisiert werden, zum anderen kann sie erfaßt werden, aber nur, indem die der Variabilität zugrundeliegenden Mechanismen und Prozesse mit in die Untersuchung einbezogen werden. Letzteres führt zur Anerkennung der Dynamik und Prozeßhaftigkeit des Forschungsgegenstands, wodurch gleichzeitig sowohl seine Homogenität als auch seine Heterogenität berücksichtigt werden können (vgl. Altmann, 1993). Zugleich ändern sich bei diesem Ansatz natürlich auch die methodologischen und epistemologischen Grundlagen, indem die Forschungsstufe der Beschreibung durch jene der Erklärung ergänzt wird.

Die Systemtheorie (zu Beginn vor allem von Bertalanffy, 1957, 1969) stellt ein differenziertes begriffliches mathematisches Instrumentarium zur Analyse der Elemente, Strukturen und Prozesse (Rückkopplung, Wechselwirkung) in Systemen und der damit verbundenen Dynamik zur Verfügung. Es gibt verschiedene Ausprägungen mit unterschiedlichen Modellierungsschwerpunkten in einzelnen Disziplinen wie Informationstheorie (Shannon & Weaver), Katastrophentheorie³ (Thom), Spieltheorie, Kybernetik (Wiener) u.a. Die Synergetik (Haken) eignet sich beson-

¹ Wildgen (1985:60-63) betont hingegen, daß der dynamische Sprachcharakter bei Saussure durchaus eine Rolle gespielt hat und von ihm erkannt wurde. Zu deuten ist dies so, daß damals die methodologischen Möglichkeiten noch nicht so weit entwickelt waren, um diesem Aspekt des Untersuchungsgegenstands Rechnung zu tragen.

² vgl. auch die Kritik in Hurford (1994): „Professional descriptive grammarians have, while acknowledging variability, found little difficulty in identifying the central objects of their descriptions. [...] The fact that in this figure the ‚common core‘ dominates all the varieties means that, however esoteric or remote a variety may be, it has running through it a set of grammatical and other characteristics that are present in all others.“ S. 44f.

³ Diese wurde von Thom und Wildgen zur Modellierung sprachlicher Entwicklungen verwendet.

ders als methodologisches Hilfsmittel, wenn die Systemdynamik des Forschungsobjekts im Vordergrund der Analyse steht. Hier geht es vor allen Dingen um die spontane Entstehung und Entwicklung von Strukturen aufgrund von Fluktuationen. Praktisch zeitgleich zu Haken in der Physik entwickeln Forscher anderer Disziplinen (z.B. Biologie: Eigen, Chemie: Prigogine, Meteorologie: Lorenz, Ökologie: Holling, Kognitionswissenschaft: Maturana & Varela) ähnliche Modelle, die die prozeßorientierte Modellierung von Systementwicklung und -verhalten fern des Gleichgewichts in komplexen Systemen thematisieren.⁴

Die Synergetische Linguistik, zeitlich später einzuordnen, hat sich ebenfalls als aussichtsreicher Forschungszweig erwiesen:

„Wie andere selbstorganisierende Systeme ist die Sprache durch das Vorhandensein von kooperierenden und konkurrierenden Prozessen gekennzeichnet, die zusammen mit den von außen auf die Sprache wirkenden (psychologischen, biologischen, physikalischen, soziologischen etc.) Kräften die Dynamik des Systems ausmachen.“ (Köhler, 1990a:101)

Unter „System“ wird ein Forschungsobjekt verstanden, das aus mehreren unterscheidbaren Elementen zusammengesetzt ist, die bestimmte Eigenschaften besitzen und untereinander durch angebbare Relationen verknüpft sind. Diese Relationen verkörpern die dynamischen Abhängigkeiten, die aufgrund von Mechanismen zwischen den Systemelementen bestehen. Somit kann aus der Struktur des Systems bzw. seiner Teile die Funktion abgeleitet werden, vgl. auch:

„A structure can always be analysed into a set of relations. A set of relations constitutes a structure when their system nature regulates the form, transformation and/or development of a system. Further, because all systems are involved in some degree of motion and change, structure must always be seen in relation to process. The word ‘process’ will be used to refer to the sequential states of a system and largely as synonymous with change, except that the former places more emphasis on the ordered nature of change.“ (Bowler, 1981:6, Hervorh. D.B.)

Aus diesem Angang ergeben sich verschiedene Untersuchungsaspekte: das Gesamtverhalten des Systems, die Eigenschaften der Systemkomponenten, die Systemstruktur, die Prozesse und Funktionen im System.⁵ Gerade bei synergetischen Systembetrachtungen ist es von Relevanz, die Systemumwelt in die Analyse einzubeziehen, da eine relative Offenheit für Energie-/Materie-/Informationsaustausch postuliert wird.

⁴ Erst in einer weiteren Phase werden die eigentlich offensichtlichen Gemeinsamkeiten der Modellierungen unter dem Stichwort ‚Selbstorganisation‘ zusammengefaßt (für einen Überblick und die genauen Quellenangaben zu Darstellungen in den einzelnen Disziplinen vgl. Paslack, 1991; Krohn, 1987).

⁵ Es gibt weitere Möglichkeiten, Systeme und ihre Begrenzungen zu definieren und somit auch den Aspekt, unter dem sie untersucht werden, vgl. Bowler, 1981:32.

Synergetische Linguistik

Die Synergetik ist eine junge interdisziplinäre Forschungsrichtung, die von Hermann Haken vor allem auf der Basis seiner Forschungen zum Laser begründet wurde (Haken & Graham, 1971; Haken, 1983). Sie fällt in den Bereich der Systemtheorie, in dem sie sich insbesondere durch die Beschäftigung mit der spontanen Bildung geordneter, sich selbst organisierender Strukturen ausweist (Haken, 1983, Vorwort zur ersten englischen Ausgabe), die sich als Resultat eines Wechselspiels von Notwendigkeit und Zufall ergeben. Da derartige Phänomene nur dann möglich sind, wenn der Zustand eines Systems sich fern eines Gleichgewichts befindet, sind es gerade diese Systeme, die im Mittelpunkt synergetischer Forschungen stehen.

Die synergetische Linguistik betrachtet Sprache als ein dynamisches System. Sie geht also davon aus, daß in der Sprache aufgrund äußerer Einflüsse Prozesse ablaufen, die zu Veränderungen von Systemgrößen oder der Systemstruktur führen. Die äußeren Einflüsse sind in der Systemumwelt zu suchen, in der sich die für das System relevanten Randbedingungen lokalisieren lassen. Zur Umwelt des Sprachsystems zählen soziale und kulturelle Systeme, in die es eingebettet ist, der Übertragungskanal als das physikalische Medium und die Sprachverwender, d.h. die Menschen mit ganz bestimmten biologisch determinierten Eigenschaften, wie beispielsweise ihrem Artikulationsapparat, ihrem Gehör, Sprachverarbeitungs-, Spracherzeugungs- und Spracherwerbsmechanismen und einem Gehirn bzw. Gedächtnis etc. Alle diese Eigenschaften, sowohl die sozialen und kulturellen als auch die physikalischen, biologischen und psychologischen, stellen für das System Sprache Randbedingungen und damit zugleich Beschränkungen dar. Mit der Existenz von Beschränkungen sind jeweils auch bestimmte „Systembedürfnisse“, d.h. externe Anforderungen an das System, verbunden, denen es gerecht werden muß, um zu überleben. Das eingeschränkte Gedächtnispotential ist beispielsweise verbunden mit dem Bedürfnis nach Minimierung des Gedächtnisaufwands (minG), der störanfällige Übertragungskanal mit dem Bedürfnis nach Übertragungssicherheit (Red) etc. Zu den Systembedürfnissen zählen auch die „Zipfschen Kräfte“ Unifikations- und Diversifikationskraft, die G. Zipf schon Anfang des Jahrhunderts als Einflüsse auf die Sprache erkannte (Zipf, 1949). Zipfs Unifikationskräfte führen – allgemein ausgedrückt – zur Reduktion von Komplexität, die Diversifikationskräfte dagegen zu ihrer Entstehung. Diese recht grobe Einteilung der Systembedürfnisse ist inzwischen sehr verfeinert worden. Außerdem wurden weitere Bedürfnisse postuliert. Eine Zusammenfassung der meisten axiomatisierten Systembedürfnisse zeigt Tabelle 1. Abbildung 1 zeigt die Klassen, zu denen die Bedürfnisse jeweils gehören (vgl. Köhler, 1987, 1993). In neueren Publikationen (vgl. z.B. Köhler in diesem Band) werden weitere Bedürfnisse für den Bereich Syntax eingeführt.

Tabelle 1
Die Systembedürfnisse des Sprachsystems

<i>Systembedürfnis</i>	<i>Abkürzung</i>
Kodierungsbedürfnis	Kod
Spezifikationsbedürfnis	Spz
Despezifikationsbedürfnis	Dsp
Anwendungsbedürfnis	Anw
Bedürfnis nach Sicherheit der Informationsübertragung	Red
Ökonomiebedürfnis	Ök
Bedürfnis nach Minimierung des Produktionsaufwands	minP
Bedürfnis nach Minimierung des Kodierungsaufwands	minK
Bedürfnis nach Minimierung des Dekodierungsaufwands	minD
Bedürfnis nach Minimierung des Inventarumfangs	minI
Bedürfnis nach Minimierung des Gedächtnisaufwands	minG
Bedürfnis nach Kontextunabhängigkeit	KÖ
Bedürfnis nach Kontextspezifität	KS
Bedürfnis nach Invarianz der Relation Ausdruck-Bedeutung	Inv
Bedürfnis nach Flexibilität der Relation Ausdruck-Bedeutung	Var
Anpassungsbedürfnis	Anp
Stabilitätsbedürfnis	Stab

Die Systembedürfnisse werden für den jeweils untersuchten Zusammenhang postuliert und sind aus dem Modell als solchem nicht ableitbar. Dennoch sind sie theoretisch und empirisch überprüfbar – nur nicht *innerhalb* des modellierten Systems. Sämtliche Bedürfnisse können ebenfalls als Axiome der synergetischen Modellbildung charakterisiert werden. Sie bilden die Erklärungsinstanzen der Funktionalerklärung (s.u.).

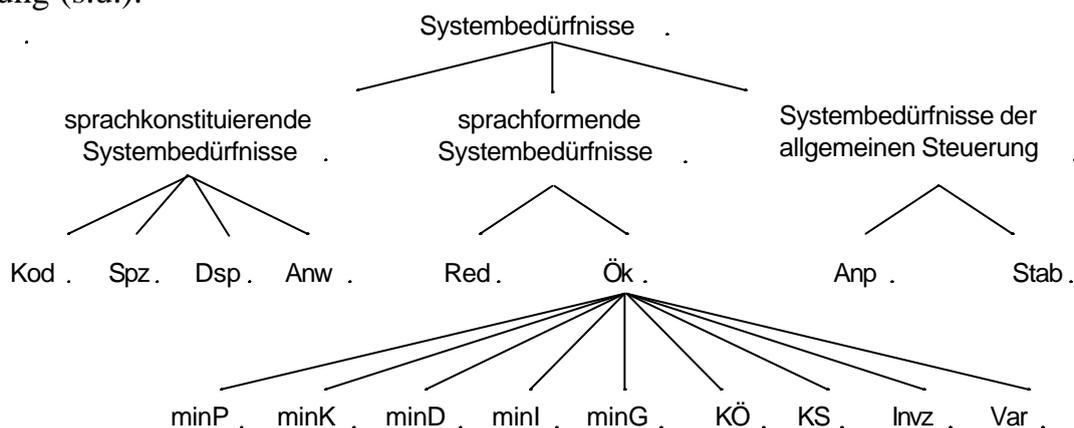


Abbildung 1

Da die Systemumwelt nicht statisch ist, verändern sich die Systembedürfnisse u.a. hinsichtlich der Stärke ihres Einflusses. Damit die Sprache dieser dynamischen Umwelt gerecht werden kann, muß sie ebenfalls dynamisch sein. Dafür benötigt sie inhärente Selbstorganisations- und Selbstregulationsmechanismen. Daß die Sprache

selbstregulierend ist, soll heißen, daß sich aufgrund der internen Abhängigkeiten Werte von Systemgrößen ändern. Ein Beispiel hierfür ist die Kürzung eines Wortes aufgrund seiner häufigen Verwendung (z.B. „Automobil“ > „Auto“). Selbstorganisationsmechanismen ermöglichen die Entstehung von neuen Strukturen im System. Dabei lassen sich verschiedene Grade der Strukturveränderung feststellen. So stellt die Bildung eines neuen Wortes beispielsweise eine geringfügige Strukturveränderung dar. Die Entstehung einer neuen Klasse, die eine neue Funktion übernehmen kann, steht auf einer höheren Stufe. Eine noch relevantere Veränderung wäre die Bildung neuer Abhängigkeiten zwischen Systemgrößen untereinander bzw. zwischen Systemgrößen und Systembedürfnissen. Zur Verdeutlichung derartiger Phänomene soll folgendes Gedankenexperiment dienen: Wir wissen, daß Phoneme nicht das einzige Mittel darstellen, Bedeutungen zu differenzieren. Vielmehr übernehmen in Tonsprachen auch Tonhöhen diese Funktion. Obwohl Toneme in vielen Sprachen keine bedeutungsdifferenzierende Relevanz besitzen, im System dieser Sprachen also keine Funktion erfüllen, ist es durchaus möglich, daß sich diese Situation ändert. Dadurch würde die Systemstruktur der betreffenden Sprache modifiziert.

Zur Beschreibung derartiger Selbstorganisations- und Selbstregulationsmechanismen stellt die Synergetik geeignete Hilfsmittel zur Verfügung. Sie geht davon aus, daß innerhalb des Systems kooperierende und konkurrierende Prozesse ablaufen, welche die Systemgrößen an die Systembedürfnisse anpassen. Diese Prozesse lassen sich auch im System der Sprache finden. Tabelle 2 gibt eine Zusammenfassung der bisher untersuchten Prozesse im lexikalischen Subsystem der Sprache und der mit ihnen verbundenen Bedürfnisse wieder (vgl. beispielsweise Köhler, 1987; 1990a; 1990c).

Tabelle 2

<i>Prozeß</i>	<i>Bedürfnisse</i>
phonologische Unifikation	minK
phonologische Diversifikation	minD
phonologische Restriktion	Red
Lexikalisierung	Kod
lexikalische Unifikation	MinK, Invz
lexikalische Diversifikation	MinD, Var
lexikalische Reduktion	minI
Spezifizierung	Spz
Kontext-Zentralisierung	KÖ
Kontext-Globalisierung	KZ
Anwendung	Anw
Kürzung	minP

Ursache sprachlicher Prozesse sind Veränderungen unterschiedlicher Art (Altmann, 1987:236): Auf der einen Seite existieren fortwährend Fluktuationen, beispielsweise

durch die unterschiedliche Realisierung eines Phons (= phonetische freie Variation)⁶. Diese sind normalerweise zufällig, wobei zufällig nicht mit beliebig gleichgesetzt werden darf, denn die Fluktuationen genügen bestimmten Anforderungen an das Sprachsystem. In diesem Fall handelt es sich beispielsweise um die beiden Bedürfnisse nach Minimierung des Produktionsaufwands (minP), das für die Bestrebung steht, die Veränderungen des Artikulationsapparats von einem Phon zum anderen minimal zu halten, und um das Bedürfnis nach Minimierung des Gedächtnisaufwands (minG), das der Bestrebung gleichkommt, die Anzahl der distinktiven Merkmale möglichst gering zu halten. Der-artige Fluktuationen lassen sich mit den in der Biologie bekannten Mutationen vergleichen. Ein anderes Bedürfnis, das Bedürfnis nach Minimierung des Dekodierungsaufwands (minD), ist eine Ursache dafür, daß sich nur bestimmte Mutationen durchsetzen, nämlich diejenigen, die den Dekodierungsaufwand nicht übermäßig erschweren. In ähnlicher Weise setzen sich in der Biologie diejenigen Mutationen durch, die eine größere Anpassung an die Umwelt und ihre Anforderungen aufweisen. Mutationen existieren nicht nur auf der Ebene der Phone, sondern auch auf anderen Ebenen des Sprachsystems; auf der Ebene der Wörter gibt es Variationen von Begriffen; Diversifikationsprozesse führen zu Dialekten oder Fachsprachen bzw. zu Polysemiephänomenen innerhalb der Gemeinsprache (vgl. auch Köhler & Altmann, 1986).

Außer den zufälligen Fluktuationen werden vom Sprachbenutzer auch bewußt Änderungen am System durchgeführt. Das kann das Werk eines Einzelnen oder einer Gruppe von Menschen sein, die beispielsweise ein Fremdwort entleihen oder ein neues Wort mit dem in der Sprache vorhandenen Inventar und Mitteln bilden. Auf höherer Ebene gehören zu den bewußten Eingriffen Sprachenpolitik und Sprachnormierungen.

Die genannten Veränderungen lösen latente Prozesse aus, die von den Systembedürfnissen gesteuert werden, denn die Prozesse passen die Systemgrößen den Systembedürfnissen an. Diese Abhängigkeit wird in der Synergetik auch „Versklavung“ genannt. Beispielsweise „versklavt“ das Phonemsystem die phonetischen Veränderungen, da die vorhandenen Phoneme eine Art Rahmen von Beschränkungen bilden. Systembedürfnisse gehören zu den Ordnungsparametern von Systemen. Diese Parameter entsprechen Entitäten einer Makroebene, die Entitäten auf einer Mikroebene beeinflussen (Köhler, 1990c:184-85)⁷. Außer den Systembedürfnissen gehören auch Systemgrößen zu den Ordnungsparametern, natürlich nur, wenn sie andere Größen beeinflussen. Als Beispiel für eine derartige Beziehung sei hier das Menzerathsche Gesetz angeführt, das die Abhängigkeit der durchschnittlichen Konstituentenlänge eines (sprachlichen) Konstrukts von der Länge des Konstrukts beschreibt (vgl. Altmann, 1980; Altmann & Schwibbe, 1989). Hier stellt die Kon-

⁶ Job und Altmann haben eine Funktion zur Berechnung der Veränderungswahrscheinlichkeit eines Phons in Abhängigkeit vom Artikulationsaufwand aufgestellt (vgl. Job & Altmann, 1985).

⁷ Hammerl verwendet eine andere Auffassung der Ordnungsparameter, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen wird (vgl. Hammerl, 1991).

strukturlänge den Ordnungsparameter dar. Es ist sogar möglich, daß das Resultat eines Prozesses dem Prozeß selbst als Ordnungsparameter dient. Das ist der Fall beim Piotrovskij-Gesetz, das die Ausbreitung sprachlicher Neuerungen beschreibt (vgl. beispielsweise Piotrovskij, Bektaev & Piotrovskaja, 1985; Altmann, Buttler, Rott & Strauß, 1983; Best, Beöthy & Altmann, 1990). Dort hängen die Veränderungen der Proportion von der erreichten Proportion ab.

Systemtheorie, Synergetik und Selbstorganisation

Die Kybernetik, als deren Begründer Norbert Wiener gilt, beschäftigt sich mit der Untersuchung von Systemen, die insbesondere durch Regelkreise (Rückkopplung) gekennzeichnet sind. Diese bestehen aus mindestens zwei Subsystemen, von denen eines das andere reguliert. Als typisches Beispiel kann hier die Beschreibung einer Heizung mit zugehörigem Thermostat, der die Tätigkeit der Heizung reguliert, angeführt werden. Liegt die gemessene Temperatur über der des Sollwerts der Kontrollvariable im Thermostat, so wird die Leistung gedrosselt; im umgekehrten Fall wird sie erhöht und zwar solange, bis der Sollwert erreicht ist. Diese Systeme zeichnen sich dadurch aus, daß sie in begrenztem Maße über Mechanismen verfügen, die sie in der Nähe eines vorgegebenen Gleichgewichts (hier der Sollwert im Thermostat) zu stabilisieren versuchen. Sie werden als selbstregulierende oder adaptive (plastische) Systeme bezeichnet (vgl. Bunge, 1979:258ff.). Wichtig ist bereits bei diesen Systemen – betrachten wir den Verlauf des Systemverhaltens –, daß der Output des kontrollierten Systems (die von der Heizung erzeugte Temperatur) wahrscheinlich nie genau dem Sollwert entsprechen wird, so daß es zu Oszillationen um diesen kommt.

Die Systemtheorie versucht, die verschiedenen Arten von Systemen in ihrem Aufbau, somit auch in ihrem möglichen Verhalten, und ihrer mathematischen Formulierung zu klassifizieren.

Weiss (1971) unterscheidet Systeme z.B. nach ihren Modalitäten. Systeme, die sich nur entlang einer Dimension dynamisch anpassen, nennt er „monotonic“. Jedoch sind die meisten lebenden Systeme beispielsweise in der Lage, sich entlang mehrerer Dimensionen anzupassen, ein „polytonisches“ Verhalten läßt sich erkennen, welches er kooperativ nennt. Die Systeme müssen mehreren Sollwerten⁸ entlang unterschiedlicher Dimensionen genügen, welches es unmöglich macht, daß sie in einen stabilen Gleichgewichtszustand eintreten. Sobald dieser vielleicht einmal (annäherungsweise oder zufällig) durch Anpassen eines Sollwerts erreicht ist, stellt sich heraus, daß – sei es durch die Anpassung selbst oder aus einer anderen Anforderung heraus – stark von einem anderen Sollwert abgewichen wird, wodurch erneut versucht werden muß, ein Gleichgewicht zu erreichen: das System befindet sich im Fließgleichgewicht. Bowler nennt diese Tendenz, polare Extreme auszugleichen, „equilibration“.

⁸ Wobei diese Sollwerte oft wiederum Funktionen sein können.

In der Literatur wird zumeist zwischen „offenen“ und „geschlossenen“ Systemen unterschieden, wobei es sich jedoch um eine verzerrte Reinterpretation der Differenzierung von von Bertalanffy handelt.⁹ Ihm ging es darum, *lebende* von *nicht lebenden* Systemen zu unterscheiden. Die Unterscheidung „offen/geschlossen“ selbst ist nicht fruchtbar, denn vollkommen geschlossene Systeme könnten gar nicht wahrgenommen und somit nicht untersucht werden, wären also in gewisser Weise nicht-existent. Es bleibt zu überlegen, wie konzeptuelle Systeme zu beschreiben sind, vgl. z.B. Bunge (1998). Jedes System bzw. zumindest einzelne Teile eines Systems stehen in mehr oder weniger starkem und häufigem Austausch mit der Umwelt in Form von Energie, Materie oder Information. Als erste Annäherung können nicht lebende Systeme (oder besser allgemeiner: „stable state systems“) als solche beschrieben werden, die sich in einem stabilen Gleichgewicht befinden bzw. nach einer Umwelteinwirkung in ein solches zurückkehren, sie „überleben“ ohne Interaktion mit der Umwelt (chemische Verbindungen, Atome). Hier kann man sich als Beispiel Wassermoleküle vorstellen. Für sie sind die Umwelt und die Frage der Interaktion mit ihr nicht essentiell. Für lebende Systeme und „steady state systems“ im allgemeinen spielt die Umwelt hingegen eine wichtige Rolle. Sie kann sogar insofern als zum System gehörig betrachtet werden, als daß es nur als eben dieses System beschrieben werden kann, wenn sie miteinbezogen wird. Das System als solches kann ohne Umwelt nicht „gedacht“ werden.

„Again, the survival of a stable state system is not dependent on interaction with the environment. A steady state system is one that must be maintained, that is, continually rebuilt, by means of what is required through interactions with the environment.“ (Bowler, 1981:31)

Fließgleichgewicht¹⁰-Systeme können sich nur erhalten, indem sie eine ständige Interaktion mittels Materie/Energie oder Information mit der Umwelt pflegen. Diese Art des Austausches verhindert, daß hier von einem stabilen Gleichgewicht gesprochen werden kann, da sich ja ständig „etwas tut“. Fließgleichgewicht-Systeme sind zumeist komplexer als Gleichgewicht-Systeme. Sie sind oft hierarchisch gegliedert, so daß sich mikroskopische und makroskopische Ebenen ergeben. So wird es möglich, daß Subsysteme des Systems, das sich im Fließgleichgewicht befindet, durchaus als Gleichgewichtssysteme betrachtet werden können. Das Fließgleichgewicht kann eigentlich nur „verstanden“ werden, wenn der ständige Austausch mit der Umwelt berücksichtigt wird:

„As mentioned earlier, science has made great advances by studying parts of the universe in isolation, but it is becoming more and more clear that steady state systems must be studied in process.“ (Bowler, 1981:39)

⁹ Dank geht an Reinhard Köhler, der uns auf die Notwendigkeit dieser begrifflichen Klärung aufmerksam machte.

¹⁰ engl.: steady state

Erst die „Aktivität“ des Systems macht es also als solches für die Untersuchung interessant, es muß ständig ausgleichen, selbst in Situationen, in denen offensichtlich keine Veränderungen in der Umwelt stattfinden (vgl. Bowler, 1981:37).¹¹

„A living system never actually attains a state of equilibrium, but it must be constantly equilibrating, that is, correcting in that direction. What brings balance to one subsystem, however, may cause imbalance to another. There must be constant compromise and adjustment among a variety of needs at a variety of levels for the continuation of the system as a whole.“ (Bowler, 1981:36)

Die Existenz von Fließgleichgewichten in einem System, welches durch den ständigen Austausch mit der Umwelt und die fortwährende Bewegung innerhalb des Systems, in dem Subsysteme in Regelkreisen in z.T. einander gegenläufigen Bewegungen das Gleichgewicht suchen, ist eine der wichtigen Voraussetzungen dafür, daß Selbstorganisationsphänomene beobachtet werden können.

Eine weitere Voraussetzung für die Entstehung von Selbstorganisation besteht in Zusammenhängen, die – mathematisch gesehen – nicht-linear sind (einfach illustriert: die Abhängigkeiten werden durch exponentielle, diskontinuierliche, Verzögerungs- und andere Operatoren formalisiert). Diese Nicht-Linearität hat zur Folge, daß bei gewissen numerischen Konstellationen sich das beschriebene System quasi-linear verhält, bei minimal abweichenden numerischen Gegebenheiten jedoch ein komplett anderes Systemverhalten zeigt.¹² Stengers und Prigogine (vgl. S. 177f.) erläutern, daß in den Naturwissenschaften normalerweise das Gesetz der großen Zahlen zugrunde gelegt wird, welches davon ausgeht, daß kleine Schwankungen in einem genügend großen System vernachlässigt werden können. In nicht-linearen Systemen genügen jedoch geringe Fluktuationen in instabilen Situationen, um das makroskopische Systemverhalten drastisch und unvorhersehbar zu verändern. Diese Tatsache wird oft mit der biologischen Analogie der „Mutation und Selektion“ (oder auch: Zufall und Notwendigkeit) umschrieben. Fluktuationen treten natürlich

¹¹ Diese zunächst erstaunliche Feststellung kann anhand des Heizungsbeispiels veranschaulicht werden: Selbst wenn die Außentemperatur konstant gehalten wird und keine „neuen“ Anforderungen z.B. in Form von Veränderungen des angestrebten Sollwerts an das System gestellt werden, hält es sich durch seine eigene Struktur und Funktionsweise in Bewegung dadurch, daß es zu einer ständigen Über- bzw. Untersteuerung kommt.

¹² Anekdotisch wird dies durch eine Episode aus der meteorologischen Forschung von Lorenz veranschaulicht, der mit einem System von wenigen Gleichungen einen Computer Jahreswetterprognosen berechnen ließ: Als er – um Rechen- und Wartezeit zu sparen – eine Berechnung nicht komplett wiederholen lassen wollte, gab er Zwischenwerte aus einer früheren Prognose ein. Dummerweise reichte der Ausdruck dieser Werte nur bis zur dritten Stelle hinter dem Komma, während die tatsächlichen Berechnungen jedoch mit genaueren Werten durchgeführt worden waren. Die mit den vermeintlich identischen Werten ermittelte neue Prognose hatte überhaupt nichts mit der vorherigen gemeinsam (vgl. Paslack, 1991:117ff.).

in komplexen Fließgleichgewicht-Systemen ständig auf (das ist ja auch ein besonderes Kennzeichen dieser Systeme, wie oben erläutert). Zumeist verhalten sie sich auch nach dem altbekannten Grundsatz, daß kleine Ursachen auch nur kleine Wirkungen haben. Nur in besonderen Situationen, wenn bestimmte Konstellationen der Systemgrößen vorliegen, „überleben“ die Mutationen und bestimmen durch ihre Selektion den weiteren Systemverlauf. Prigogine und Stengers illustrieren diesen Vorgang an dem „einfachen“ Beispiel der Entstehung eines Termitenhügels (vgl. S. 179), dem im Grunde ein Prozeß (nicht-linearer) positiver Rückkopplung zugrunde liegt. Dieser wurde nie besondere Beachtung geschenkt, da sie eigentlich Systemdestabilisierend wirkt und zumeist zur Desintegration des Systems führt.

Da zumeist betont wird (vgl. Prigogine, Chaosforschung), daß Fluktuationen nur in Gleichgewicht-fernen, besonders instabilen Zuständen diese stark strukturierenden Auswirkungen zeigen, wäre dies ein drittes Kriterium, das erfüllt sein muß, um Selbstorganisation zu ermöglichen.

Die systemtheoretischen Beschreibungen von Selbstorganisationsprozessen wurden erst später unter diesem einheitlichen Konzept zusammengefaßt, zunächst wurden sie unabhängig voneinander verfaßt. Bei der Beschreibung des physikalischen Systems „Laser“ z.B. „versklaven“ Ordnungsparameter einzelne uniforme Subsysteme eines Systems auf makroskopischer Ebene und beschränken diese somit extrem in ihren Freiheitsgraden. Andererseits entsteht ein Ordnungsparameter erst durch das stark eingeschränkte gleichförmige Verhalten von Subsystemen (vgl. Haken et al. 1986, 1991:37ff.).

Hakens Ansatz unterscheidet sich in folgenden, die Selbstorganisation betreffenden Punkten von traditionellen physikalischen Modellbildungen (vgl. Paslack, 1991:104):

- a. Das Moment der Selektivität.
- b. Die Rolle der Fluktuationen als Motor der Systementwicklung.
- c. Die Bedeutung der Nicht-Linearität als Mechanismus der Selbstverstärkung von Schwankungen.

Funktionalanalyse/-erklärung

Von der Systemtheorie als Modellierungsinstrumentarium läßt sich eine Brücke zur Funktionalanalyse als Erklärungsschema schlagen, die die Existenz eines Elements mit einer bestimmten Eigenschaftsausprägung ua. nur erklären kann, wenn angenommen wird, daß es Teil eines selbstorganisierenden Systems ist. So ist es nicht verwunderlich, daß die Funktionalanalyse in Zusammenhang mit biologischer und soziologischer Forschung und ihrer Epistemologie steht, Disziplinen, die zum größten Teil ihren Forschungsgegenstand grundsätzlich als System begreifen.

Bei der Funktionalerklärung handelt es sich um einen Sonderfall der deduktiv-nomologischen Erklärung, wie sie von Hempel & Oppenheim 1948 zum ersten Mal formuliert wurde und in den Naturwissenschaften für Kausalerklärungen Verwendung findet. Aufgrund des Zusammenwirkens von Randbedingungen und Gesetzen

(Explanans) kann logisch-deduktiv ein zu erklärendes Phänomen (Explanandum) abgeleitet werden. Bei vielen Forschungsobjekten, wie der Sprache, ist es *nicht* möglich, einen *kausalen* Ursache-Wirkung-Zusammenhang aufzustellen, da eine Wirkung von verschiedenen Ursachen hervorgerufen werden kann bzw. eine Ursache verschiedene Wirkungen haben kann. Diese funktionalen Zusammenhänge werden als Sonderfall „Funktionalerklärung“ der deduktiv-nomologischen Erklärung formuliert (s.u.).

Die Funktionalanalyse wurde zunächst in der Biologie angewandt, die die explanative Logik der Chemie und Physik nicht für ihren Untersuchungsgegenstand übernehmen konnte bzw. wollte. Soziologen und Anthropologen wie Radcliffe-Brown und Malinowski wiederum interessierten sich für die funktionale Perspektive in der Biologie:

„As stated by some of its advocates, moreover, functionalism represents an often explicitly avowed attempt to account for social phenomena in a manner modeled on the pattern (as distinct from substantive concepts) of functional (or ‚teleological‘) explanations in physiology.“ (Nagel, 1961:520)¹³

Und es scheint, daß der Ansatz in der Soziologie den funktionalen Ansatz in der Linguistik, zumindest teilweise, bewirkt hat:¹⁴

„It may be that Mathesius himself found inspiration in some contemporary works on sociology.“ (Daneš, 1987:5)

Nagel faßt die funktionale Sichtweise (in der Biologie) folgendermaßen zusammen:

„The function of *A* in a system *S* with organization *C* is to enable *S* in environment *E* to engage in process *P* can be formulated more explicitly: Every system *S* with organization *C* and in environment *E* engages in process *P*; if *S* with organization *C* and in environment *E* does not have *A*, the *S* does not engage in *P*, hence, *S* with organization *C* must have *A*.“ (Nagel, 1961:403)

Hier berücksichtigt Nagel natürlich noch nicht das Problem der funktionalen Äquivalente (s.u.). Bei der Anwendung der Funktionalanalyse in der Biologie sind bei weitem nicht alle Unklarheiten beseitigt. Nagel betont z.B., daß die Frage nach dem Zusammenspiel von Struktur und Funktion in bezug auf ihre gegenseitige Beeinflussung nicht geklärt ist („to what extent structures may modify functions or functions structures“) (vgl. Nagel, 1961:425). Dies ist eine interessante Frage, die sich auch in der Linguistik stellt. Zwar dominiert auch hier die Sichtweise, daß der funk-

¹³ Der Begriff der Teleologie muß historisch relativiert werden. Esser betont, daß es logisch unhaltbare Frühformen der Funktionalerklärung gab: die teleologische (zielgerichtete) mit ihren Unterarten ‚motivational‘ (auf Motive von Einzelpersonen bezugnehmend) und ‚entelechetisch‘ (eine Lebenskraft zugrunde legend). (vgl. u.a. Esser, 1977:15f.)

¹⁴ Eine detaillierte Wissenschafts-soziologische Ausarbeitung findet sich in Daneš, 1987.

tionale Druck Strukturen prägt, jedoch läßt sich in umgekehrter Weise auch feststellen, daß strukturelle Subsysteme „recycled“ werden oder entstehende ‚strukturelle Überhänge‘ funktional eingesetzt werden. Beispielsweise kann eine entstehende Redundanz zur funktionalen Kodierung von anderen Bedeutungen eingesetzt werden:

„Die Verwendung morphologischer Kodierungsmethoden [...] hat eine weitere, interessante Konsequenz im Zusammenhang mit der Entstehung obligatorischer Kategorien. Wenn im Zuge synthetischer Kodierung und Grammatikalisierung Bedeutungs-/Funktions-Komplexe gebildet worden sind (Kasus+Numerus+Genus+Stärke o.ä.), kann nur noch der Gesamtkomplex ausgedrückt werden, nicht mehr ein Teil (z.B. Numerus+Genus) davon, so daß eine zusätzliche Redundanz entsteht. Diese kann wiederum im Bereich der Syntax zur Anreicherung des Inventars an Kodierungsmethoden (Rektion, Kongruenz) genutzt werden.“ (Köhler, 1990a:107f.)

Nagel vergleicht bei der Diskussion von Struktur und Funktion (vor allem in biologischer Hinsicht) die Struktur mit der Frage nach der räumlichen Gestaltung des Untersuchungsgegenstands und die Funktion mit der Frage nach dem zeitlichen Verhalten.¹⁵ Die Frage danach, warum gerade eine bestimmte Struktur eine bestimmte Funktion ausübt, kann nicht beantwortet werden:

„Accordingly, the question why a given anatomical structure is associated with specific function may be irresolvable, not because it is beyond our capacities to answer it but simply because the question in the sense in which it is intended asks for what is *logically* impossible. In short, anatomical structure does not logically determine function, though *as a matter of contingent fact* the specific anatomical structure possessed by an organism does set bounds to the kinds of activities in which the organism can engage. And conversely, the pattern of behaviour exhibited by an organism does not *logically* imply a unique anatomical structure, though *in point of fact* an organism manifests specific modes of activity only when its parts possess a determinate anatomical structure of a definite kind.“ (Nagel, 1961:428, Hervorh. E.N.)

Im Bemühen, der Biologie eine ebenso ‚starke‘ Wissenschaftlichkeit zuzuschreiben wie den „hard sciences“, betrachtet Hempel die Funktionalanalyse in bezug auf ihre explanative Kraft. Diese basiert vor allem auf dem Hempel/Oppenheim-Schema der deduktiv-nomologischen Erklärung, die auch die kausale und die induktive Erklärung (mit stochastischen Gesetzen) als Sonderfälle umfaßt (vgl. Hempel, 1965:302). Das Prinzip der Funktionalanalyse beschreibt er folgendermaßen:

„The principle objective of the analysis is to exhibit the contribution which the behaviour pattern makes to the preservation of the development of the individual or group in which it occurs.“ (Hempel, 1965:305)

¹⁵ Struktur und Funktion können einander nicht logisch vorausgesetzt werden, wobei die Struktur jedoch die Funktion bestimmt.

„[...] functional analysis seeks to understand a behavior pattern or a sociocultural institution by determining the role it plays in keeping the given system in proper working order or maintaining it as a going concern.“ (Hempel, 1965:305)

Innerhalb der Funktionalanalyse ist es ebenfalls möglich, mit dem Hempel & Oppenheim-Schema zu arbeiten. Auch hier gibt es Randbedingungen, die erfüllt sein müssen, damit ein Element funktional betrachtet werden kann. Grundsätzlich definiert Hempel:

„Object of analysis is item i which is a relatively persistent trait or disposition occurring in a system s and the analysis aims to show that s is in a state, or internal condition, $c(i)$ and in an environment representing certain external conditions $c(e)$ such that under conditions $c(i+e)$ the trait i has effects which satisfy some ‚need‘ or ‚functional requirement‘ of s .“ (Hempel, 1965:306)

Somit kann eine deduktiv-nomologische Erklärung mit Hilfe stochastischer Gesetze, den Randbedingungen und der Funktionalerklärung abgeleitet werden. Hempel thematisiert jedoch ein mit dieser Ableitung verbundenes Problem: der funktional-analytische Ansatz berücksichtigt von seiner grundsätzlichen logischen Konzeption nicht die mögliche Existenz von funktionalen Äquivalenten; das bisher illustrierte Schema geht von einer „functional indispensability“ aus, die zur „definitional truth“ mutiert (vgl. Hempel, 1965:310). Somit ist keine wie anhand des Zitats beschriebene Erklärung vollständig, da sie die Frage nach verschiedenen Mitteln zu einem Zweck und den Zusammenhang zwischen ihnen noch nicht berücksichtigt. Hempel bezeichnet funktionale Äquivalente als das ‚principle of multiple solutions‘ for adaptational problems in evolution“¹⁶, wobei aber natürlich nicht nur *interlingual*, sondern auch *intra*lingual funktionale Äquivalenz postuliert wird. Somit stellt sich also das Problem der Bestimmung der funktionalen Äquivalente. Im Bereich der Funktionalanalyse, so schließt Hempel, sei nur eine schwache deduktive Erklärung möglich.

Auch die Vorhersage, sonst oft als Pendant der Erklärung betrachtet, mittels der Funktionalerklärung gestaltet sich schwierig. Hier muß die Hypothese bzw. das Axiom der Selbstregulation bzw. *Selbstorganisation*¹⁷ eingeführt werden, ohne das nicht verständlich wird, daß Veränderungen innerhalb des Systems (die evtl. angenommen werden müssen) zu einem Weiterbedienen der Bedürfnisse führen. Hempel betont (vgl. Hempel, 1965:315), daß bei der Voraussage Annahmen über die Antezedenzbedingungen mit hoher Sicherheit gemacht werden müßten. Dies sei auch ein Problem bei der nomologischen Voraussage in den Naturwissenschaften,

¹⁶ Skalicka, V.: Zur ungarischen Grammatik. Prague: Universitas Carolina, 1935:10 (zitiert nach Daneš, 1987)

¹⁷ Unter Selbstregulation versteht man die Anpassung von Systemgrößen an Veränderungen durch Modifikation ihrer Ausprägungen, unter Selbstorganisation die Strukturveränderung des Systems als Anpassungsmechanismus.

dort sei es nur einfacher, fast sichere induktive Annahmen über die Antezedenzbedingungen zu treffen.¹⁸ Inferenz im prädiktiven Sinne ist also nur möglich, wenn

„[...] within certain limits of tolerance, a system of the kind under analysis will – either invariably or with high probability – satisfy, by developing appropriate traits, the various functional requirements (necessary conditions for its continued adequate operation) that may arise from changes in its internal state or in its environment.“ (Hempel, 1965:317)

Mit dieser Hypothese sind Erklärungen und Voraussagen möglich, wenn sie entsprechend präzise sind und empirischen Tests unterworfen werden können. Hierbei besteht natürlich die Gefahr, daß jede Veränderung eines Systems als Anpassung erklärt wird: ein Standard für die Anpassung muß definiert werden, so daß sie relativiert werden kann in bezug auf ein Bedürfnis:

„It remains, therefore, even for a properly relativized version of functional analysis, that its explanatory force is rather limited; in particular, it does not provide an explanation of why a particular item *i* rather than some functional equivalent of it occurs in system *s*. [...] Such a hypothesis [self-regulation] would be to the effect that within a specified range *C* of circumstances a given system *s* [...] is self-regulating relative to a specified range *R* of states, i.e., that after a disturbance which moves *s* into a state outside *R* but which does not shift the internal and external circumstances of *s* out of the specified range *C*, the system *s* will return to a state in *R*. A system of this kind may be called self-regulating with respect to *R*.“ (Hempel, 1965:324)

Im Modell der Synergetischen Linguistik schränken die Gesetze, die die Relationen zwischen den Systemgrößen definieren, die möglichen Zustände in ihren Ausprägungen ein.

R im Modell der Synergetischen Linguistik besteht im Grunde aus allen Abhängigkeiten, die die Randbedingungen für die Systemgrößen definieren, und den zulässigen Werten und ihren Kombinationen, die sie annehmen dürfen, vgl. Essers Beschreibung zur Funktionalanalyse (Esser, 1977:39ff.). Diese fordert, daß eine Klasse von Normalzuständen definiert wird, in einen von denen das System durch Anpassungsmechanismen, ausgehend von einem nicht-definierten Systemnormalzustand, zurückkehren kann. Ist dies nicht möglich, so ist die Systemidentität gefährdet. Andererseits kann ein solches *evolutives* System weitere Zusatz-/Anpassungsmechanismen entwickeln, um die Zahl der nicht-definierten Systemnormalzustände, aus denen in einen Normalzustand zurückgekehrt werden kann, zu erhöhen. Diese Entwicklung von Zusatzmechanismen kann aus heutiger Sicht (so jedoch noch nicht bei Esser, 1977) als *Selbstorganisation* bezeichnet werden.

¹⁸ Die Frage stellt sich, warum dieses Axiom nicht bereits für die Erklärung relevant ist. Dies ist logisch nicht notwendig, da ja bereits festgestellt ist, daß das System adäquat funktioniert und somit eine der Antezedenzbedingungen für die Anwendung der Funktionalanalyse erfüllt ist. Grundsätzlich spielt das Axiom auch für die Erklärung eine Rolle, denn ohne dies kann kaum angenommen werden, daß es sich bei zwei unterschiedlichen Systemzuständen um dasselbe System handelt.

Altmann (vgl. Altmann, 1981) begründet die Anwendung der Funktionalanalyse in der Linguistik im Hinblick auf sprachliche Selbstregulation und Sprachgesetze und problematisiert vor allem die funktionale Äquivalenz in der Sprache.

Unter Einbeziehung des Problems der funktionalen Äquivalente und des Axioms der Selbstregulation/-organisation formuliert Köhler, 1986¹⁹ folgendes Schema zur Funktionalerklärung:

1. Das System S ist selbstregulierend.
2. An das System S sind die Bedürfnisse B_1, B_2, \dots, B_k gestellt.
3. Das Bedürfnis B_j kann durch die funktionalen Äquivalente $E_1, \dots, E_F, \dots, E_M$ bedient werden.
4. Zwischen den funktionalen Äquivalenten besteht die Relation $R(E_1, \dots, E_F, \dots, E_M)$.
5. Aufgrund der Systemstruktur besteht zwischen den Elementen s_1, \dots, s_z des Systems S die Relation $Q(s_1, \dots, s_z)$.

E_f ist Element des Systems S mit der Ausprägung A_f .

Funktionale Äquivalenz kann auf verschiedenen sprachlichen Ebenen beobachtet werden. Gibt es beispielsweise eine neue technische Entwicklung, so kann das Kodierungsbedürfnis anhand verschiedener Mittel bedient werden: als neues Lexem (Neologismus), als Komposition bestehender Morpheme, durch Erhöhung der Bedeutungszahl eines bereits bestehenden Lexems, als umschreibende Phrase, durch Entlehnung.²⁰ Die Auswahl eines dieser strukturellen Mittel ist durch verschiedene Randbedingungen restringiert, von denen die wichtigste in der Relation besteht, die die Kodierungsmittel zueinander in Bezug setzt. Sie drückt u.a. aus, in welchem Maße eine Sprache von einem Kodierungsmittel Gebrauch macht. Oft kann z.B. die sprachliche Tendenz konstatiert werden, Entlehnungen vorzunehmen, wenn mit aus anderen Kulturen übernommenen Gegenständen, Verfahren u.ä. auch die Bezeichnungen importiert werden. Diese Tendenz ist jedoch nicht so selbstverständlich, wie sie z.B. zunächst anhand des Deutschen erscheint. Während im Deutschen im Informatik-/Elektronik-/Informationsverarbeitungs-bereich es sehr üblich ist, englische Termini zu verwenden („Computer“, „Screen“, „File“ ...), ist es im Französischen gängig, Neologismen zu bilden oder die Bedeutungszahl bestehender Lexeme zu erhöhen, vgl. „ordinateur“, „écran“, „fichier“... Die Ausprägung der Relation zwischen funktionalen Äquivalenten kann somit sehr unterschiedlich aus-

¹⁹ Für eine ausführlichere Darstellung vgl. auch Köhler:1990b, S.13ff.

²⁰ Es muß jedoch betont werden, daß nicht jede Neuerung in der Gesellschaft notwendigerweise eine sprachliche Veränderung nach sich zieht: „Neuerungen in unserer Welt sind weder notwendig noch hinreichend für Veränderungen der Sprache. Die Idee, daß es so sei, hängt mit der Ideologie zusammen, daß es die Aufgabe der Sprache sei, die Welt abzubilden [...]“ (Keller, 1990:16).

fallen und prägt andere Systemgrößen wie z.B. Lexikon und durchschnittliche Polysemie entscheidend mit.

Die Relation der funktionalen Äquivalente ist also bestimmt von vielen sprachlichen und außersprachlichen Faktoren, die in einem synergetischen Modell zusammengebracht werden können.

Synergetik und quantitative Linguistik

Abhängigkeiten zwischen den Größen des Sprachsystems stellen allgemeine Gesetze dar, die sowohl invariant sind als auch für jede Sprache Gültigkeit besitzen. Solche Gesetze wurden schon in der quantitativen Linguistik entdeckt und analog zu den Naturgesetzen mathematisch formuliert, ehe sich die synergetische Linguistik herausgebildet hatte. Aber nicht nur die Abhängigkeiten der Systemgrößen, sondern auch die zugrunde liegenden Systembedürfnisse, die dadurch gesteuerten Prozesse und damit das Prinzip der Selbstregulation wurden schon von George Kingsley Zipf erkannt. Dessen Pionierwerk bildet den Grundstein für die quantitative Linguistik. Er beschrieb als erster die Unifikations- und Diversifikations„kräfte“ der Sprache als Erklärungsinstanzen der von ihm gefundenen Abhängigkeiten. Er stellte eine ganze Reihe von Hypothesen auf. Die bekannteste ist wohl die Rang-Frequenz-Verteilung, die in einer von Mandelbrot abgewandelten Form als Zipf-Mandelbrotsches Gesetz formuliert wurde. Aber nicht nur diese Gesetze lassen sich in den Rahmen der synergetischen Linguistik integrieren. Dasselbe gilt für andere Gesetze, beispielsweise das schon erwähnte Menzerathsche Gesetz, das Martingesez (vgl. Altmann & Kind, 1983) oder auch das angesprochene Piotrovskij-Gesetz, welches die Verbreitung einer neuen Sprachentität modelliert.

Die Gesetze, welche die Abhängigkeiten der Systemgrößen beschreiben, sind im Gegensatz zu den „Lautgesetzen“ der Junggrammatiker stochastisch. Das bedeutet, daß die Ausprägung einer Systemvariablen die Ausprägung einer anderen nicht streng determiniert. Die deterministische Form von Regeln ist wegen der permanenten Fluktuationen, Abweichungen, Variationen und Tendenzen dem Gegenstand Sprache meistens unangemessen. Auf der anderen Seite ist Sprache auch nicht durch völligen Zufall gekennzeichnet. Beide Extreme würden die Kommunikation, die Hauptfunktion der Sprache, unmöglich machen. Aber weder die Lautgesetze noch die Regeln des Strukturalismus können stochastische Phänomene erfassen. Es treten immer wieder Ausnahmen auf, die wiederum in Regeln gefaßt werden müssen. Man kann sich letztendlich nicht sicher sein, alle Fälle erfaßt zu haben. Mit quantitativen Methoden und Modellen, in diesem Fall stochastischen Modellen, lassen sich jedoch auch nichtdeterministische Phänomene erfassen. Stochastische Gesetze sagen über Einzelfälle nichts aus, sondern schreiben die Wahrscheinlichkeiten vor, mit denen bestimmte Ereignisse auftreten.

Die Regeln der traditionellen Linguistik weisen neben ihrem deterministischen Charakter einen anderen Schwachpunkt auf: Sie sind grundsätzlich empirische Generalisierungen. Was das bedeutet, wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, welche Art von Hypothesen (u. a. über Abhängigkeiten in der Sprache) grundsätz-

lich möglich sind (Altmann, 1989:115): Auf der niedrigsten Stufe stehen die bloßen Spekulationen, die weder empirisch fundiert noch deduktiv abgesichert sind. Demgegenüber sind induktive Hypothesen empirisch fundiert. Hierzu gehören alle Regeln und „Gesetze“ der traditionellen Linguistik wie beispielsweise die Lautgesetze der Junggrammatiker. Auf einer höheren Stufe stehen die deduktiv gewonnenen Hypothesen, die von Axiomen oder einer Theorie abgeleitet sind. Sie können durch ihre Einbettung in einen systematischen Gesetz- und Hypothesenrahmen und eine fundierte empirische Überprüfung den Status von Gesetzen erhalten. Um einen derartigen Typ von Gesetzen handelt es sich bei den in der quantitativen Linguistik formulierten Sprachgesetzen. Diese sind im Gegensatz zu den Regeln des Strukturalismus und den „Lautgesetzen“ des 19. Jahrhunderts sowohl grundsätzlich invariant und damit zeit-unabhängig als auch für alle Sprachen gültig.

Die bisher entdeckten Sprachgesetze lassen sich in drei Gruppen einteilen (vgl. beispielsweise Köhler, 1986, 1990a, 1990c): Verteilungsgesetze, Entwicklungs- oder Verlaufsgesetze und funktionale Gesetze. Den Verteilungsgesetzen entsprechen Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Als Beispiel sei das Zipf-Mandelbrot'sche Gesetz genannt, eine Beschreibung der Rang-Größenverteilung (vgl. Piotrovskij, 1984; Rapoport, 1982). Zu den Entwicklungs- oder Verlaufsgesetzen zählt das genannte Piotrovskij-Gesetz. Funktionale Abhängigkeiten werden z.B. aus Differentialgleichungen gewonnen, die linguistischen Hypothesen entsprechen. Da bei der funktionalen Betrachtung die Zeit oft keine determinierende Rolle spielt, wird dann von den zeitlichen Abläufen abstrahiert. Für die synergetische Modellierung sind vor allem die funktionalen Gesetze von Bedeutung.

Bei der Suche nach Gesetzen folgen quantitative Untersuchungen einer festgelegten Abfolge von Schritten (vgl. beispielsweise Altmann, 1989:118f.). In diesem Punkt bildet auch die synergetische Linguistik keine Ausnahme.

- a) In einem ersten Schritt wird deduktiv, d.h. aufgrund von plausiblen Überlegungen (z.B. aus bestätigten Hypothesen oder aus einem Theoriegebäude) eine Hypothese aufgestellt, die als verbale Aussage formuliert wird. Dabei wird bereits darauf geachtet, daß sie prinzipiell empirisch überprüfbar ist. Ansonsten kann sie nur eine deduktive Hypothese bleiben und nie den Status eines Gesetzes erhalten. Zur Illustration sollen Beispielhypothesen dienen:
 - (i) Die Veränderungsrate der Länge einer lexikalischen Einheit ist umgekehrt proportional zu ihrer Frequenz.
 - (ii) Je mehr Silben ein Wort enthält, desto geringer ist die durchschnittliche Silbenlänge des Wortes (eine Variante des Menzerath'schen Gesetzes auf Wortebene).
 - (iii) Je größer das Phoneminventar einer Sprache ist, desto kleiner ist die durchschnittliche Morphemlänge der Sprache.
- b) Nach der natürlichsprachlichen Formulierung wird die Hypothese in die Sprache der Statistik übersetzt, um ihre Gültigkeit testen zu können. Die Statistik ist das Hilfsmittel der quantitativen Linguistik, da – zumindest bis heute – keine andere Möglichkeit besteht, stochastische Abhängigkeiten zu über-

prüfen. Für den statistischen Test müssen einerseits alle Begriffe metrisiert (Quantifizierung der qualitativen Begriffe) und operationalisiert (Angabe einer Meßvorschrift)²¹ werden. Es muß beispielsweise für das obige Beispiel (i) angegeben werden, wie die Wortlänge definiert werden soll, als Anzahl der Morpheme, Silben, Buchstaben oder Phoneme, und mit welcher Meßvorschrift diese Länge bei der folgenden Stichprobenerhebung bestimmt werden soll. Außer der Metrisierung und Operationalisierung der Begriffe muß ein statistisches Modell gefunden werden, das der postulierten Hypothese entspricht. In der synergetischen Modellierung wird bisher in den meisten Fällen von Differentialgleichungen ausgegangen. Existiert jedoch kein passendes Modell, so muß eines abgeleitet werden.

- c) Der nächste Schritt besteht in der Anwendung statistischer Verfahren zur Überprüfung der Hypothese. Es wird zunächst auf der Grundlage der Operationalisierungsvorschriften eine möglichst große Stichprobe erhoben, um die Hypothese mit größter Sicherheit ablehnen bzw. vorläufig annehmen zu können. Dann wird das dem Modell entsprechende statistische Verfahren angewendet. So wird beispielsweise die Differentialgleichung, die der zu überprüfenden Hypothese entspricht, mit den aus der Stichprobe gewonnenen Parametern gelöst.
- d) Die dabei entstandenen Testresultate müssen im nächsten Schritt beurteilt werden. Das geschieht aufgrund konventioneller Kriterien, die es erlauben, die aufgestellte statistische Hypothese vorläufig anzunehmen bzw. abzulehnen. Zur Beurteilung einer Datenanpassung existiert z.B. als Gütekriterium der Determinationskoeffizient.
- e) Um etwas über die ursprünglich verbal formulierte Hypothese aussagen zu können, wird das Resultat in die Sprache der Linguistik zurückübersetzt. Dies entspricht einer linguistischen Interpretation des Resultats.

Aus dieser Aufstellung wird deutlich, wie die Statistik im Falle der Hypothesenüberprüfung als Werkzeug verwendet wird. Da es sich um stochastische Hypothesen handelt, ist bei den Untersuchungen die Verwendung von statistischen Modellen und Methoden unumgänglich.

Schlußbemerkungen

Die synergetische Linguistik stellt aufgrund ihrer Konzepte, Modelle und Methoden eine vielversprechende Forschungsrichtung dar, innerhalb derer es Ziel ist, den Aufbau einer Sprach- und Texttheorie zu erreichen. Sie wird dem dynamischen Charakter des Sprachsystems gerecht, da sie nicht nur die Struktur des Systems, d.h. Elemente und Relationen, sondern auch Funktionen und Prozesse in einem

²¹ Begriffe lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen, in qualitative und quantitative. Zur Typisierung von Begriffen vgl. auch Altmann & Lehfeldt, 1980; Altmann, 1989; Essler, 1971.

einzigem Modell erfaßt. Den stochastischen Abhängigkeiten wird dadurch Rechnung getragen, daß quantitative Begriffe, Modelle und Methoden verwendet werden. Daher erreicht die synergetische Linguistik ein höheres Erkenntnisniveau als beispielsweise die Junggrammatiker oder der Strukturalismus.

Diese Modellbildung erlaubt es, Forschungsergebnisse (Sprachgesetze) und Erklärungsansätze (Funktionalanalyse) der quantitativen Linguistik in einen umfassenden Rahmen zu stellen und damit wissenschaftliche Erklärung und Vorhersage zu leisten.

Die Synergetik bietet als interdisziplinäre Forschungsrichtung zudem den Vorteil, Klassen von Phänomenen in ein kohärentes Modell zu integrieren und stellt eine epistemologische und methodologische Schnittstelle zu anderen Disziplinen (Biologie, Psychologie, Soziologie etc.) dar.

Annotierte Literaturlauswahl

- Altmann, G.** (1980). Prolegomena to Menzerath's law. In R. Grotjahn (Hg.), *Glottometrika 2* (S. 1-10), Bochum: Brockmeyer.
Darstellung der Entstehung des Menzerathschen Gesetzes, seine theoretische Ableitung, beispielhafte Überprüfungen und Darstellung von Konsequenzen.
- Altmann, G.** (1981). Zur Funktionalanalyse in der Linguistik. In J. Esser et al. (Hg.), *Forms and functions*. Tübinger Beiträge zur Linguistik 149 (S. 25-32), Tübingen: Narr.
Begründet die Anwendung der Funktionalanalyse auf den sprachwissenschaftlichen Forschungsgegenstand und liefert eine ausführliche Erörterung des Axioms der Selbstregulation im Rahmen einer linguistischen Theorie.
- Altmann, G.** (1987). The levels of linguistic investigation. *Theoretical Linguistics*, 14/2-3, 227-239.
Bietet eine wissenschaftstheoretische Auseinandersetzung über den Typus des linguistischen Forschungsgegenstands und die jeweiligen Konsequenzen für die grundsätzlichen wissenschaftlichen Fragestellungen. Stellt den prozeßorientierten Ansatz (und den Ansatz der Synergetischen Linguistik) als eine vielversprechende Modellbildung vor.
- Altmann, G.** (1993). Science and linguistics. In R. Köhler et al. (Hg.), *Contributions to quantitative linguistics*. Proceedings of the first international conference on quantitative linguistics, Qualico, Trier, 1991 (S. 3-10), Dordrecht u.a.: Kluwer.
Überblick über die wichtigsten Begriffe der Theoriebildung und ihre Beziehungen zueinander, Bezug auf die sprachwissenschaftliche Forschung.
- Altmann, G., v. Buttler, H., Rott, W., & Strauß, U.** (1993). A law of change in language. In B. Barron (Hg.), *Historical linguistics* (S. 104-115), Bochum: Brockmeyer.
Ursprüngliche Ableitung des Piotrowskij-Gesetzes. Klare Beschreibung, erfordert jedoch zum vollkommenen Verständnis Kenntnisse der Statistik bzw. der Mathematik.
- Altmann, G., & Kind, B.** (1983). Ein semantisches Gesetz. In R. Köhler et al. (Hg.), *Glottometrika 5* (S. 1-13), Bochum: Brockmeyer.
Allgemeine Darstellung, mathematische Formulierung und empirische Überprüfung des Martin-Gesetzes. Basiert auf einer Untersuchung von Martin, die sich mit Definitionsfolgen in einem französischen Wörterbuch beschäftigt.
- Altmann, G., & Köhler, R.** (1989). Status und Funktion quantitativer Verfahren in der Computerlinguistik. In I.S. Bátori et al. (Hg.), *Computational linguistics – Computerlinguistik. Ein internationales Handbuch zur computer-gestützten Sprachforschung und ihrer Anwendungen* (S. 113-119), Berlin u.a.: de Gruyter.
Knappe Einführung in die Methoden der quantitativen Linguistik: Hypothesenbildung, Indexbildung. Konzentriert sich auf den Bereich der quantitativen Lin-

guistik, der für die Computerlinguistik interessant ist. Der Bereich der Sprachgesetze und Theoriebildung wird kaum angesprochen.

Altmann, G., & Lehfeldt, W. (1980). *Einführung in die Quantitative Phonologie*. Bochum: Brockmeyer.

Das erste Kapitel bietet eine detaillierte Vorstellung der QL in ihrer Begründung, Zielsetzung und Methodologie. Es beschreibt ausführlich die quantitativ-linguistische Arbeitsweise.

Altmann, G., & Schwibbe, M. H. (1989). *Das Menzerathsche Gesetz in informationsverarbeitenden Systemen*. Hildesheim, Zürich, New York: Olms.

Gute Einführung in die mathematische Modellierung in der Quantitativen Linguistik. Zeigt Ableitung und Überprüfung des Menzerathschen Gesetzes auf allen Sprachebenen und bringt zusätzlich Überlegung zum Zusammenhang von Menzerathschem Gesetz und sowohl menschlicher Informationsverarbeitung als auch Vererbung.

Best, K.-H., Beöthy, E., & Altmann, G. (1990). Ein methodischer Beitrag zum Piotrovskij-Gesetz. In R. Hammerl (Hg.), *Glottometrika 12* (S. 115-124), Bochum: Brockmeyer.

Weiterentwicklung des Piotrovskij-Gesetzes in theoretischer Hinsicht und weiterentwickelte empirische Überprüfung durch Verwendung von gleitenden Mittelwerten.

Bowler, D.T. (1981). *General systems thinking: its scope and applicability*. New York u.a.: North Holland. (The North Holland series in general systems research; 4)

Ausführliche Beschreibung der wissenschaftlichen Konzeptualisierung der Welt als System von Systemen, deren Teile wiederum Systeme bilden. Stellt anschaulich Definitionen von Klassifizierungsmöglichkeiten für Systeme dar.

Bunge, M. (1979). *Treatise on basic philosophy 4. Ontology II: A world of systems*. Dordrecht u.a.: Reidel.

Detaillierte Einführung in die allgemeine Systemtheorie aus wissenschaftstheoretischer Perspektive. Mit hilfreichen Appendix zur Definition verschiedener Systemmodelltypen.

Bunge, M. (1998). Semiotic Systems. In G. Altmann & W.A. Koch (Hg.), *Systems: new paradigms for the social sciences* (S. 337-349), Berlin u.a.: de Gruyter.

Daneš, F. (1987). On Prague School functionalism. In R. Dirven (Hg.), *Functionalism in linguistics* (S. 3-38), Amsterdam u.a.: John Benjamins. (Linguistic and literary studies in Eastern Europe – LLSEE; 20).

Zeichnet detailliert Strömungen und Einflüsse, denen die Prager Schule ausgesetzt war, nach.

Esser, H., Klenovits, K., & Zehnpfennig, H. (1977). *Wissenschaftstheorie 2. Funktionalanalyse und hermeneutisch-dialektische Ansätze*. Stuttgart: Teubner. (Teubner-Studienskripten; 29: Studienskripten zur Soziologie)

Das erste Kapitel bietet eine gute Einführung in die Funktionalanalyse mit Problematisierung ihrer Abgrenzung zu anderen Verstehens- und Erklärungsansät-

zen. Ergänzt Hempels Darstellung der Funktionalanalyse als Spezialform der deduktiv-nomologischen Erklärung.

Essler, W.K. (1971). *Wissenschaftstheorie 2. Theorie und Erfahrung*. Freiburg u.a.: Alber.

Kapitel 3 gibt einen Einstieg in die verschiedenen Arten der Begriffsbildung und die Frage der Metrisierung. Plädoyer für die Notwendigkeit der Metrisierung als Voraussetzung für die Theoriebildung.

Haken, H. (1983). *Synergetik. Eine Einführung*. Übers. von A. Wunderlich. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Umfangreiche Einführung in die Synergetik, d.h. Darstellung der Grundprinzipien, der notwendigen Konzepte und der mathematischen Grundlage, mit Beispielen aus der Physik, Chemie und Biologie.

Haken, H., & Graham, R. (1971). Synergetik – Die Lehre vom Zusammenwirken. *Umschau*, 6.

Zeigt, ausgehend von physikalischen Beispielen, wie sich Vorstellungen und Konzepte der Synergetik auf andere Gebiete (Chemie, Biologie und Soziologie) übertragen lassen.

Haken, H., & Wunderlin, A. (1991). *Die Selbststrukturierung der Materie. Synergetik in der unbelebten Welt*. Braunschweig: Vieweg.

Ansprechender Kompromiß zwischen populärwissenschaftlicher und höherer mathematischer Darstellung der synergetischen Modellierung in der Physik, ihrer Entwicklung und Begründung. Enthält neben dem Standardproblem Laser weitere detailliert beschriebene und illustrierte Beispiele.

Haken, H., & Wunderlin, A. (1986). Synergetik: Prozesse der Selbstorganisation in der belebten und unbelebten Natur. In A. Dress (Hg.) et al., *Selbstorganisation. Die Entstehung von Ordnung in Natur und Gesellschaft* (S. 35-54), München: Piper.

Als Einstieg zum Verständnis in die Funktionsweise des Lasers geeignet, anschauliche Erklärung des Ordnungsparameterkonzepts.

Hammerl, R. (1991). *Untersuchungen zur Struktur der Lexik: Aufbau eines lexikalischen Basismodells*. Trier: WVT.

Im Rahmen sowohl der Quantitativen Linguistik als auch der Synergetischen Linguistik und basierend auf Vorarbeiten von Köhler (1986) wird ein synergetisches Modell zur Lexik am Polnischen überprüft.

Hempel, C.G. (1965). The logic of functional analysis. In C.G. Hempel (Hg.), *Aspects of scientific explanation* (S. 297-330), New York u.a.: Free Press u.a. Problematisiert den Bezug der Funktionalanalyse zur deduktiv-nomologischen Erklärung (vgl. dazu den grundlegenden Aufsatz von 1948 "Studies in the logic of explanation" S.245-290, neu abgedruckt mit Postskriptum in demselben Band) und begründet das Axiom der Selbstregulation aufgrund wissenschaftstheoretischer Überlegungen.

Hurford, J. (1994). The study of language systems. *Journal of quantitative linguistics*, 1, 43-55.

Interessante Überlegungen über den Forschungsgegenstand Sprache, das Problem der geographischen Variabilität, die Frage nach Langue und Parole. Diskussion dieser Konzepte vor allen Dingen in Auseinandersetzung mit der generativen Grammatik, bzw. den Ideen Chomskys.

Job, U., & Altmann, G. (1985). Ein Modell für die anstrengungsbedingte Lautveränderung. *Folia Linguistica Historica*.

Theoretische Herleitung und mathematische Formulierung eines Modells für Lautveränderungen, wobei die Wahrscheinlichkeit der Lautveränderung in Abhängigkeit vom Artikulationsaufwand gesetzt wird.

Keller, R. (1990). *Sprachwandel: von der unsichtbaren Hand in der Sprache*. Tübingen: Francke.

Anschauliche Darstellung der „Invisible-hand-theory“, die verdeutlicht, daß das unkoordinierte Verhalten vieler Individuen auf der Mikroebene zu nur scheinbar kausalen Effekten auf der Makroebene führt.

Köhler, R. (1986). *Zur linguistischen Synergetik: Struktur und Dynamik der Lexik*. Bochum: Brockmeyer.

Illustriert anhand grundsätzlicher Überlegungen zum Forschungsgegenstand der Linguistik den synergetischen Ansatz und die quantitativ-linguistische Methodologie (Metrisierung, Operationalisierung, Test). Präsentiert eine ausführliche synergetisch-linguistische Modellierung des sprachlichen Subsystems der Lexik. Standardwerk.

Köhler, R. (1987). System theoretical linguistics. *Theoretical linguistics*, 14/2-3, 241-257.

Überblick über die bestehende Modellbildung in der synergetischen Linguistik und ihren Erklärungsanspruch.

Köhler, R. (1990a). Synergetik und sprachliche Dynamik. In W. Koch, (Hg.), *Natürlichkeit der Sprache und Kultur* (S. 96-112), Bochum: Brockmeyer.

Darstellung der Modellbildung in der Linguistik unter besonderer Berücksichtigung der Rolle der funktionalen Äquivalente und dem sprachlichen Subsystem der Morphologie.

Köhler, R. (1990b). Linguistische Analyseebenen, Hierarchisierung und Erklärung im Modell der sprachlichen Selbstregulation. In L. Hřebíček (Hg.), *Glottometrika 11* (S. 1-18), Bochum: Brockmeyer.

Versucht einen quantitativen Einbezug der funktionalen Äquivalente in das Modell der synergetischen Linguistik. Ausführlicher Teil zur Funktionalerklärung.

Köhler, R. (1990c). Elemente der synergetischen Linguistik. In R. Hammerl (Hg.), *Glottometrika 12* (S. 179-187), Bochum: Brockmeyer.

Zusammenfassender Überblick über die synergetische Linguistik. Es wird insbesondere auf deren Axiome, Modelltypen und Basis-Konzepte (wie beispielsweise Systembedürfnisse, kooperierende und konkurrierende Prozesse, funktionale Äquivalente und Ordnungsparameter) eingegangen.

Köhler, R. (1993). Synergetic linguistics. In R. Köhler et al. (Hg.), *Contributions to quantitative linguistics* (S. 41-51). Proceedings of the first international

conference on quantitative linguistics, Qualico, Trier, 1991. Dordrecht u.a.: Kluwer.

Überblick über die grundlegenden Konzepte der synergetischen Linguistik.

Köhler, R., & Altmann, G. (1986). Synergetische Aspekte der Linguistik. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 5, 3-265.

Frühe Publikation zu den Fragestellungen der synergetischen Linguistik und ihrer Abgrenzung zu anderen sprachwissenschaftlichen Ansätzen. Wertvolle Darstellung zu den grundsätzlichen Überlegungen der synergetischen Linguistik so, wie sie in späteren Publikationen zum Thema nicht mehr gegeben ist. Trotz damals (im Vergleich zu heute) noch vorhandener terminologischer Unsicherheiten auf jeden Fall lesenswert.

Krohn, W., Küppers, G., & Paslack, R. (1987). Selbstorganisation: Zur Genese und Entwicklung einer wissenschaftlichen Revolution. In P. Schmidt & J. Siegfried (Hg.), *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus* (S. 441-465). 4. Aufl. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1991 (1987) (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft ; 636).

Überblick über die Entwicklung des neuen Paradigmas der Selbstorganisation in unterschiedlichen Wissenschaften aus wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive. Gegenüberstellung zu ‚herkömmlichen‘ Ansätzen unter Betrachtung der jeweiligen Charakteristika.

Nagel, E. (1961). *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation*. 3. Dr. London: Routledge and Kegan, 1971 (1961).

Enthält grundlegende wissenschaftstheoretische Überlegungen zur Analyse der Funktion(en) von Systemen auf sozialwissenschaftlicher Grundlage, zum Funktionsbegriff, zur Funktionalanalyse (vgl. hptsl. Kapitel 12 und Kapitel 14).

Paslack, R. (1991). *Urgeschichte der Selbstorganisation: zur Archäologie eines Paradigmas*. Braunschweig u.a.: Vieweg. (Wissenschaftstheorie, Wissenschaft und Philosophie; 32)

Illustriert anhand von frühen Konzepten die Wissenschaftsgeschichte der Selbstorganisation. Beschreibt die fast gleichzeitige Entwicklung moderner Konzepte ausführlich. Eher ein Werk der Wissenschaftsforschung, in dem das Entstehen eines neuen Paradigmas im Vordergrund steht. Dies geht zu Lasten einer präzisen Darstellung einzelner Selbstorganisationsansätze und klarer Begriffsbestimmungen. Interessant (besonders im 2. Teil der modernen Konzepte) für einen Einstieg und Überblick, Anreiz zur Weiterbeschäftigung mit dem Thema.

Piotrovskij, J.R.G. (1984). *Text, Computer, Mensch*. Bochum: Brockmeyer.

Kondensierte Darstellung des Zipfschen bzw. Zipf-Mandelbrotschen Gesetzes. Erfordert zum Verständnis grundlegende Kenntnisse der Statistik.

Piotrovskij, J.R.G., Bektaev, K.B., & Piotrovskaja, A.A. (1985). *Mathematische Linguistik*. Bochum: Brockmeyer.

Gute Einführung in die Quantitative Linguistik, ihre Begriffsbildung und Methodologie. Viele Beispiele zur mathematischen Modellierung von Sprachdaten aus dem slavischen Sprachen und der statistischen Modellüberprüfung.

Prigogine, I., & Stengers, I. (1981). *Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens*. Neuausgabe, 6. Aufl. München u.a.: Piper, 1990 (1980 engl., 1981 dt.)

Gut verständliche Schilderung von dissipativen (Selbstorganisations-) Phänomenen und Abgrenzung zu bisherigen Modellvorstellungen in der Chemie und dadurch anschauliche Darstellung vom Verhalten nicht-linearer Systeme.

Rapoport, A. (1982). Zipf's law re-visited. In H. Guiter & M.V. Arapov (Hg.), *Studies on Zipf's law* (S. 1-28), Bochum: Brockmeyer.

Diskutiert Zipfs Versuch, die Rang-Größen-Relation abzuleiten. Dabei werden Zipf's Überlegungen anderen Versuchen gegenübergestellt, die teilweise aus anderen Kontexten als dem der Linguistik stammen, und die im Gegensatz zu Zipf davon ausgehen, daß die Rang-Größen-Verteilung durch einen stochastischen Prozeß generiert wird.

Weiss, P.A. (1971). *Hierarchically organized systems in theory and practice*. New York: Hafner.

Das erste Kapitel bietet eine anschauliche Darstellung der systemtheoretischen Denkweise.

Wildgen, W. (1985). *Dynamische Sprach- und Weltauffassungen: in ihrer Entwicklung von der Antike bis zur Gegenwart*. Bremen: Zentrum Philosophische Grundlagen der Wissenschaften Bremen. (Schriftenreihe ; 3)

Übersicht über den paradigmatischen Wechsel zwischen statischen und dynamischen Modellen in der Wissenschaft allgemein und in der Linguistik im Verlauf der letzten 2000 Jahre.

Zipf, G. K. (1949). *Human Behavior and the Principle of least Effort*. Reading: Mass.

Postuliert das Prinzip der geringsten Anstrengung als das primäre Prinzip allen individuellen und kollektiven Verhaltens. Dabei ist Linguistik nur ein Gebiet unter vielen anderen (z.B. Ökonomie, Soziologie, kulturelle Anthropologie, Psychologie), an denen dieses Prinzip verdeutlicht wird. Für keines sind fachliche Vorkenntnisse notwendig.

Anhang: Notationskonventionen

Die Größen des Systems Sprache, die Abhängigkeiten zwischen ihnen und der Einfluß sprachexterner Faktoren werden in den folgenden Kapiteln mit Hilfe der Graphenalgebra und der linearen Operatoren dargestellt. Daher soll hier zum besseren Verständnis der Abbildungen kurz auf diese Hilfsmittel der allgemeinen Systemtheorie so, wie sie in der synergetischen Linguistik üblicherweise verwendet werden, eingegangen werden.

Die Hypothese, daß ein Systembedürfnis oder eine Systemgröße X auf eine andere Größe Y einwirkt, kann folgendermaßen ausgedrückt werden:

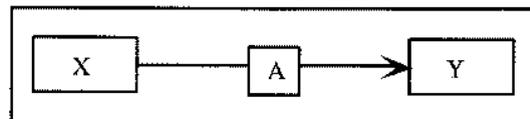


Abb. 1: Einfache Abhängigkeit zweier Systemgrößen X und Y

Dabei entspricht A einem Proportionalitätsfaktor, der die Stärke der Auswirkung von X auf Y angibt. Obige Darstellung läßt sich in einfacher Weise in eine Funktionsgleichung umformen. Dabei werden aufeinanderfolgende Größen multipliziert:

$$Y = A \cdot X$$

Die Umformung in eine Funktion ist von besonderem Interesse, da Hypothesen über Beziehungen zwischen Systemgrößen und Systemanforderungen in den folgenden Kapiteln in Form von mathematischen Funktionen dargestellt werden.

Wird eine Größe nicht nur von einem einzigen Element beeinflusst, so läßt sich das durch folgende Graphenstruktur ausdrücken:

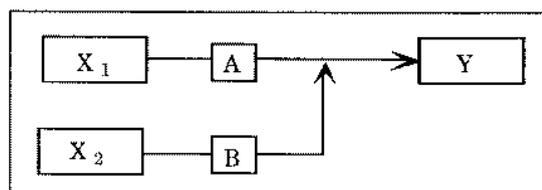


Abb. 2: Abhängigkeit der Systemgröße Y von zwei Systemgrößen X_1 und X_2

Treffen, wie in dieser Graphik, zwei Pfeile aufeinander, so werden die Größen additiv verknüpft. Der in Abb. 2 ausgedrückte Zusammenhang wird daher auch durch die Gleichung

$$Y = A \cdot X_1 + B \cdot X_2$$

beschrieben.

Bei der vorgestellten Darstellung ist zu beachten, daß Proportionalitätsfaktoren immer quadratischen Kästchen und Systemgrößen rechteckigen, nicht-quadratischen Kästchen entsprechen. Systembedürfnisse, die in den bisher aufgeführten Beispielen noch keine Rolle spielten, werden, wie im nachstehenden Beispiel, in Kreisen notiert.

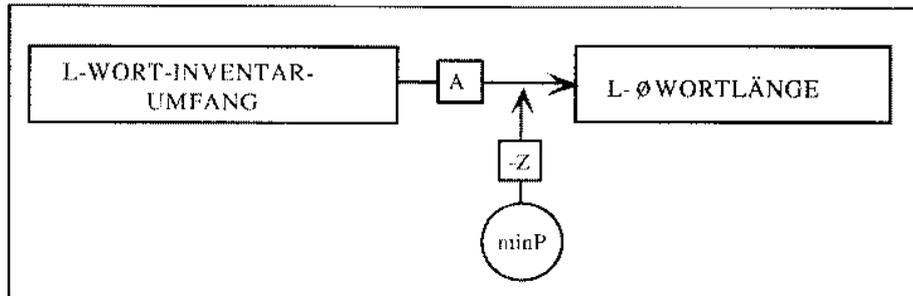


Abb. 3: Die durchschnittliche Wortlänge in Abhängigkeit vom Wort-Inventarumfang und dem Bedürfnis nach Minimierung des Produktionsaufwands

Die Abb. 3 zeigt exemplarisch zwei Einflüsse auf die durchschnittliche Wortlänge: Die Größe des Wort-Inventarumfangs und das Bedürfnis nach Minimierung des Produktionsaufwands. Die zugehörige Funktionsgleichung lautet:

$$L - \text{ØWortlänge} = A \cdot L - \text{Wort} - \text{INVENTARUMFANG} - Z \cdot \text{min } P$$

Die Kennzeichnung 'L-' der Systemgrößen soll darauf hinweisen, daß die Gleichung in ihrer ursprünglichen Form

$$\text{ØWortlänge} = -c \cdot \text{Wort} - \text{INVENTARUMFANG}^A, \text{ mit } c = e^{Z \cdot \text{min } P}$$

logarithmiert wurde.

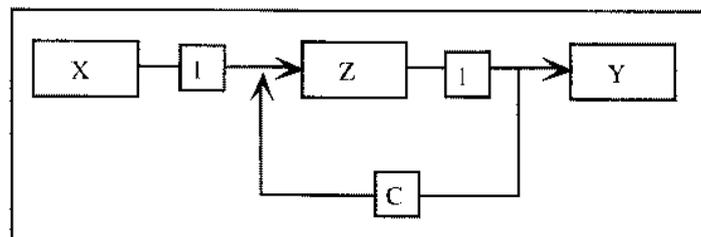


Abb. 4: Beispiel einer Rückkopplungsschleife

Komplexere Systeme können auch Rückkopplungskanten enthalten. Eine Schleife, wie sie in Abb. 4 dargestellt ist, läßt sich in die beiden Funktionsgleichungen $Y = 1 \cdot Z$ und $Z = 1 \cdot X + C \cdot Y$ überführen.

Die Abhängigkeit zwischen X und Y ergibt sich wie folgt:

$$Y = X + C \cdot Y$$

$$Y - C \cdot Y = X$$

$$Y = \frac{X}{1 - C}$$

Zur Berechnung der Funktion komplexer Graphen werden diese in Teilstrukturen zerlegt und die Funktionen der Teilstrukturen miteinander verknüpft.

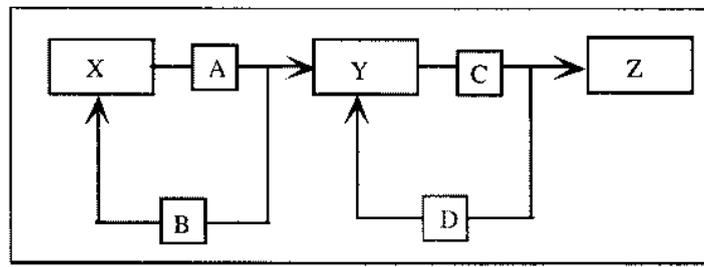


Abb. 5: Beispiel eines verbundenen Systems

Der Graph der Abb. 5 läßt sich durch die beiden Gleichungen

$$Y = \frac{A}{1 - A \cdot B} \cdot X$$

$$Z = \frac{C}{1 - C \cdot D} \cdot Y$$

ausdrücken. Daraus ergibt sich die Gesamtfunktion

$$Z = \frac{A \cdot C}{(1 - A \cdot B) \cdot (1 - C \cdot D)} \cdot X$$

Auf ähnliche Weise lassen sich auch andere komplexe Systeme in Teilsysteme auflösen und die einzelnen Funktionen zu einer Gesamtfunktion kombinieren.