

Kapitel 2: Ökogenese

Die Herausbildung der Biosphäre

1 Einleitung

Mit der Entstehung lebender Systeme im Urozean geht dieser in den Zustand der Biosphäre über. Als thermodynamisches System ist die Biosphäre vor allem durch die Existenz der biotischen Phase gekennzeichnet, die den abiogen entstandenen ungleichgewichtigen Zustand der Entmischung erhält, und weiter verstärkt.

Der Urozean befindet sich in einem thermodynamischen Ungleichgewicht. Dieses Ungleichgewicht kann nur durch (physikalische) Arbeit erhalten werden. Die für diese Arbeit erforderliche Energie liegt zunächst in der chemischen Energie der abiogen entstandenen organischen Substanz vor. Sie wird bei der Entstehung und Entwicklung der präbiotischen und ursprünglichen biotischen Systeme des Urozeans verbraucht. Da die Bedingungen des Urozeans keine abiogene Neubildung energiereicher Substanzen zulassen, ist die Zeit begrenzt, während der die ursprüngliche biotische Phase entstehen und existieren kann.

Mit der Entstehung der autarken lebenden Systeme sind die Möglichkeiten erschöpft, die in der Beziehung der biotischen zur abiotischen Phase des Urozeans möglich sind. Alle abiogen entstandenen Energieträger sind verbraucht und der Verbrauch der anorganischen Stoffvorräte hat seinen kritischen Wert erreicht. Die weitere Erhaltung der biotischen Phase ist in diesem Systemzusammenhang nicht mehr möglich. Das entstandene Leben hat die abiogenen Bedingungen seiner Entstehung und Erhaltung zerstört.

Der ungleichgewichtige Zustand des Urozeans, in dem allein Leben entstehen konnte, hat damit seine reaktionskinetische Grenze erreicht. Die Erhaltung des entstandenen Lebens über diesen kritischen Punkt hinaus erfordert die Herausbildung neuer Beziehungen zwischen den nun vorhandenen Komponenten.

Auf dieser Entwicklungsstufe hat die Evolution des Lebens also einen weiteren kritischen Zustand erreicht. Die biotische Phase muss entweder zerfallen und das Leben auf der Erde ist beendet, oder die Erhaltung der biotischen Phase stellt sich auf eine neue reaktionskinetische und energetische Basis um. Da es in der abiotischen Phase des Urozeans keine nutzbaren Ressourcen mehr gibt, kann sich Leben nur auf seiner eigenen Basis erhalten. Die lebenden Systeme müssen also *zueinander* in Beziehung treten und Beziehungen *untereinander* aufnehmen.

Die Herstellung von ökologischen Beziehungen der Individuen ist keine Frage der subjektiven Entscheidung der einzelnen Bläschen. Es ist vielmehr ein theoretisch mögliches Ergebnis der Entwicklung der lebenden Systeme der biotischen Phase des Urozeans entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht. Diese Möglichkeit entsteht durch die Entwicklung der mit dem Leben entstandenen neuen Form thermodynamischer Prozesse, der Tätigkeit. Die zur Darstellung der Tätigkeit erforderlichen reflexiven Redeweise ergibt sich aus den Besonderheiten der Tätigkeit (s. S. 62!).

2 Die Herausbildung ökologischer Systeme

2.1 Das Ende des Urozeans

Ausgehend von den Bestimmungen der Tätigkeit können die lebenden Systeme folgende Beziehungen untereinander eingehen:

- *Trophische Beziehungen:* Das andere lebende System wird nicht als Subjekt, sondern als Gegenstand identifiziert und so zur Nahrung. Die autarken Systeme werden als autotrophe Produzenten Nahrung der heterotrophen Konsumenten. Sie bilden **trophische Systeme**, deren spezifische Seinsweise die Erhaltung des trophischen Gleichgewichts ist.
- *Intrasubjektive Beziehungen:* Das andere lebende System wird als identisches Subjekt identifiziert. Das erfolgt nur bei identischem Gegenstand.. Die Gesamtheit der einen Gegenstand als gemeinsamen Gegenstand identifizierenden Individuen ist das **Gesamtsubjekt**. Dabei verlieren die einzelnen Subjekte die Fähigkeit der eigenständigen Existenz. Sie können nur als Teilsjekt eines Gesamtsubjekts existieren. Mit der Herausbildung des Gesamtsubjekts wird die **koordinierte Tätigkeit** der Teilsjekte zu spezifischen Seinsweise des Gesamtsubjekts.
- *Intersubjektive Beziehungen:* Der identische Gegenstand wird nicht als gemeinsamer Gegenstand identifiziert, so dass kein Gesamtsubjekt entsteht Das jeweils andere identische Subjekt wird zum Antagonisten. Diese konkurrieren um den identischen Gegenstand. Nur eines der Subjekte kann sein Bedürfnis befriedigen, das andere stirbt. Die Seinsweise der Antagonisten ist die **Konkurrenz**.
- *Soziale Beziehungen:* Schließlich können Aktionen eines lebenden Systems auch darauf gerichtet sein, das Bedürfnis eines anderen Subjekts zu befriedigen. Die an der Aktion beteiligten Subjekte werden einander Sozialpartner und bilden eine Sozietät. Die spezifische Seinsweise von Sozietäten ist die **soziale Kooperation**.

Trophische Systeme, Gesamtsubjekte, Antagonisten und Sozietäten sind also diejenigen überindividuellen biotischen Systeme, die sich auf der Grundlage der bisher rekonstruierten Bestimmungen lebender Systeme herausbilden können. Andere

überindividuelle Systeme sind auf dieser Stufe der Rekonstruktion der Seinsweise lebender Systeme nicht denkbar.

Jedes lebende Individuum kann jedem dieser individuellen Systeme angehören. Zur Bezeichnung der Gesamtheit dieser überindividuellen biotischen Systeme gibt es in der Biologie keinen allgemein gültigen Terminus. Am nächsten käme dem allgemeinen Sprachgebrauch der Ausdruck „**ökologisch im weiten Sinne**“. Die hier theoretisch abgeleiteten überindividuellen biotischen Systeme wären also als in einem weiten Sinne „**ökologische Systeme**“ anzusehen. Auch diese Zuordnung ist subjektiv und Konsens darüber ist für die weitere Rekonstruktion nicht essentiell. Die Verwendung dieser Terminologie dient im Folgenden der Vereinfachung der sprachlichen Darstellung.

Gewöhnlich wird nur das hier rekonstruierte „trophische System“ als ökologisches System bezeichnet, wobei in noch weitere Umweltfaktoren in diesen Begriff einbezogen werden, die noch nicht rekonstruiert wurden und in den frühen Etappen der Evolution wohl auch noch nicht relevant waren. Auf der hier erreichten Stufe der Rekonstruktion handelt es sich also um ökologische Systeme im engen Sinne in ihrer ursprünglichen, abstrakten Form. Im Folgenden wird der Terminus „ökologisch“ ohne Zusatz im weiten Sinne benutzt. Wird er im engen Sinn benutzt, wird dies explizit angegeben.

Die Annahme der Eigenständigkeit ökologischer Systeme ist ein theoretisch erforderliches Postulat. Die bisher rekonstruierten überindividuellen Parameter der einheitlichen biotischen Phase können nicht mehr als Parameter der in überindividuelle biotische Systeme gegliederten biotischen Phase als Ganzes gedacht werden. Sie müssen vielmehr als eigenständige Parameter für jedes überindividuelle System angenommen werden. So kann das Ein-Individuum-Stadium nur als Stadium für jedes überindividuelle System gedacht werden. Das Ein-Individuum-Stadium einer in Autotrophe und Heterotrophe gegliederten biotischen Phase erfordert mindestens ein autotrophes *und* ein heterotrophes Individuum. Die theoretische Konstruktion der biotischen Phase als aus nur einem Individuum ist nicht mehr denkbar. Entsprechendes gilt für allen anderen soeben theoretisch abgeleiteten überindividuellen biotischen Systeme. Auch für sie kann kein Ein-Individuum-Stadium gedacht werden.

Mit der Herausbildung der unterschiedlichen ökologischen Systeme entstehen auch unterschiedliche Selektionskriterien für

die Herausbildung neuer individueller funktioneller Komponenten. *Die Zugehörigkeit zum jeweiligen überindividuellen System bestimmt die Kriterien für die Selektion der individuell kreierten funktionellen Komponenten.*

In der folgenden Analyse muss nun die Rekonstruktion der funktionellen Komponenten der Individuen erfolgen, die für die Erhaltung der überindividuellen biotischen Systeme erforderlich sind. Die Rekonstruktion individueller Komponenten erfolgt also unter der Problemstellung, welche individuelle Ausstattung zur Erhaltung der jeweiligen überindividuellen ökologischen Phase erforderlich ist.

Autotrophe Individuen benötigen andere funktionelle Komponenten als heterotrophe. In Bezug auf das Ziel dieser Rekonstruktion wird im Folgenden nur die Minimalausstattung der Individuen der heterotrophen Phase rekonstruiert. Auch ist keine vollständige Rekonstruktion beabsichtigt. Die Rekonstruktion erfolgt nur soweit, wie dies unmittelbar zur Rekonstruktion der spezifisch menschlichen Seinsweise erforderlich ist.

2.2 Der nächste Schritt der Rekonstruktion

Auch die Herausbildung der ökologischen Systeme erfolgt schrittweise. Sie erfordert die Ausstattung der individuellen lebenden Systeme mit weiteren funktionellen Komponenten, *deren spezifische Funktion darin besteht, sie zum Teil des jeweiligen ökologischen Systems zu machen.* Dafür ist es gleichgültig, ob diese Funktionen auch dem individuellen Überleben dienen. Es wird sich zeigen dass unter den hierfür notwendigen funktionellen Komponenten auch solche sind, die der Erhaltung des einzelnen Individuums sogar schaden.

Die spezifischen Merkmale der zuletzt genannten neuen funktionellen Komponenten der lebenden Individuen sind folglich nicht mehr allein unter dem Aspekt rekonstruierbar, dass sie einen Beitrag zur Erhaltung der individuellen Subjekte leisten. Sie müssen auch unter dem Aspekt rekonstruiert werden, dass sie einen Beitrag zur Erhaltung der verschiedenen überindividuellen biotischen Systeme leisten, auch wenn dies zur Selbstzerstörung des individuellen Subjekts führt.

Die Entstehung der überindividuellen biotischen Systeme erfordert also die Rekonstruktion zweier Typen funktioneller Komponenten. Einerseits müssen solche Komponenten der individuellen Systeme rekonstruiert werden, welche die Erhaltung ihres individuellen Lebens gewährleisten. Nur als diese können

sie auch Funktionen der überindividuellen Systeme erfüllen, denen sie angehören. Funktionelle Komponenten dieser Art nenne ich „**autökologische Komponenten**“.

Andererseits müssen funktionelle Komponenten der Individuen rekonstruiert werden, die der Erhaltung der Beziehungen der Individuen im jeweiligen überindividuellen System gewährleisten. Funktionelle Komponenten dieser Art nenne ich „**synökologische Komponenten**“. Das können nicht immer funktionelle Komponenten sein, die das eigene Überleben gewährleisten.

Das soll an einem Beispiel erläutert werden. Individuen, die im trophischen System die Nahrung sind, können diese Funktion nur erfüllen, wenn nicht unter allen Umständen ihre individuelle Existenz erhalten. Indem sie als Nahrung gefressen werden, verlieren sie ihre individuelle Existenz. Das trophische System kann sich jedoch nur erhalten, indem sich Autotrophe *und* Heterotrophe erhalten. Heterotrophe können sich nur erhalten, indem sie Autotrophe fressen. Das ist unmittelbar einsichtig.

Aber auch die Autotrophen können sich nur erhalten, indem ein Teil von ihnen gefressen wird. Dadurch erhalten sie die Heterotrophen, deren Existenz wiederum *ihre* abiotische Umwelt erhält. Dadurch ist nun die abiotische Umwelt der Autotrophen nicht mehr der *abiogene* Urozean, sie ist Resultat der Tätigkeit der Heterotrophen, sie ist *biogen*. Wenn die individuelle Minimalausstattung der Autotrophen nicht die Komponente der Fressbarkeit enthielte und sich alle Autotrophen dem Gefressenwerden entziehen könnten, könnten auch sie sich nicht dauerhaft erhalten.

Theoretisch wird dieses Problem gelöst, indem die Autotrophen mit der funktionellen Komponente „**Vermehrung**“ ausgestattet werden. Durch die Vermehrung wird die Reproduktion der als Nahrung aus dem Bestand der Autotrophen ausgeschiedenen Individuen ersetzt.

Der Ablauf der theoretischen Rekonstruktion lebender Systeme hat es bisher nicht erfordert, die Funktion der Vermehrung in die Minimalausstattung lebender Systeme aufzunehmen. Bis zu diesem Punkt kann Leben auch ohne die Funktion der Vermehrung entstehen und sich entwickeln. Das bedeutet nicht, dass die Fähigkeit zur Vermehrung nicht bereits früher entstehen kann, sie wird theoretisch jedoch nicht früher erforderlich. Das theoretische Modell funktioniert auch ohne diese

Funktion. Es ist zunächst auch nur als Merkmal der Autotrophen zwingend erforderlich.

Die Erhaltung eigenständiger ökologischer Systeme erfordert es, die Individuen mit funktionellen Komponenten auszustatten, welche die Erhaltung des überindividuellen Systems unabhängig von der Erhaltung der individuellen Systeme gewährleisten. Eine solche Komponente ist beispielsweise die Vermehrung. Sie gewährleistet nicht die Erhaltung des sich vermehrenden Individuums und kann folglich auch nicht Selektionskriterium für diese Komponente sein. Logisch widerspruchsfrei ist nur die Annahme, dass die Selektion auf der Ebene des überindividuellen Systems erfolgt. Es können sich nur überindividuelle Systeme erhalten, deren Mitglieder über die Fähigkeit zur Vermehrung verfügen. Andere überindividuelle Systeme zerfallen.

Natürlich dienen indirekt auch die synökologischen Komponenten der Erhaltung individuellen Leben, denn das Individuum kann sich nur als Mitglied des überindividuellen Systems erhalten.

*

Nach der tatsächlichen Herausbildung aller denkbaren ökologischen Systeme gehört jedes Individuum gleichzeitig allen ökologischen Systemen an. Es muss also mit Komponenten ausgestattet werden, deren Funktionalitäten unterschiedlichen Logiken folgen. So muss jedes Individuum sowohl fressen, kooperieren, konkurrieren und sozial agieren können.

Schließlich müssen die ökologischen Systeme selbst mit eigenständigen funktionellen Komponenten ausgestattet werden, die nicht auch funktionelle Komponenten ihrer Teile sein müssen und deshalb wiederum einer anderen Logik folgen. So können vielzellige Gesamtsubjekte mit der Fähigkeit zur Regulation ihres internen Milieus eine funktionelle Leistung erbringen, die keines ihrer Teilsubjekte erbringen kann. Diese Leistung kann das Gesamtsubjekt nur erbringen, indem bestimmte Teilsubjekte mit funktionellen Komponenten ausgestattet werden, die dem Gesamtsubjekt diese Leistung ermöglicht.

Die weitere Analyse muss also zwei Linien verfolgen, die Linie der autökologischen und die der synökologischen Ausstattung der Individuen. Unter den neuen ökologischen Bedingungen bestimmen die Erfordernisse der überindividuellen Systeme die Anforderungen an die funktionelle Minimalausstattung der

Individuen. Dieser Zusammenhang bestimmt das weitere Vorgehen. Zunächst werden die Anforderungen ermittelt, welche die Erhaltung des jeweiligen ökologischen Systems gewährleisten. Dann werden die Individuen mit den erforderlichen theoretisch rekonstruierten autökologischen und synökologischen Komponenten ausgestattet.

Mit der Rekonstruktion der erforderlichen Minimalausstattung, welche die Existenz aller ökologischen Systeme gewährleistet, ist der nächste Schritt der Rekonstruktion abgeschlossen. Der Urozean ist zur „**Biosphäre**“ geworden.

Auch die einzelnen überindividuellen ökologischen Systeme entstehen schrittweise. Der erste Schritt ist die Herausbildung des aus Autotrophen und Heterotrophen bestehenden trophischen Systems der Biosphäre. Diese Entwicklung wird im Kapitel „*Ökogenese*“ dargestellt. Es umfasst die theoretische Rekonstruktion der funktionellen Minimalausstattung der Individuen, die zur Erhaltung der in ökologische Systeme differenzierten Biosphäre insgesamt erforderlich sind.

Die Differenzierung der biotischen Phase beginnt mit ihrer Differenzierung in die autotrophen **Pflanzen** und die heterotrophen **Tiere** als deren ökologische Basissysteme. Entsprechend der hier verfolgten Zielstellung wird diese Entwicklung nicht in ihrer ganzen Breite und Vielfalt theoretisch rekonstruiert, sondern nur die Entwicklung, an deren Ende schließlich der Mensch steht. Deshalb wird nur die Zoogenese explizit dargestellt.

Die *Soziogenese* ist der Prozess der Entwicklung der Sozietäten. Die Rekonstruktion der funktionellen Komponenten der Individuen, die zur Erfüllung ihrer Funktion als Sozialpartner in ihrer Sozietät erforderlich sind erfolgt nur soweit, als sie zur Rekonstruktion der Minimalausstattung der menschlichen Individuen erforderlich sind. Die Herausbildung der funktionellen Minimalausstattung der menschlichen Individuen als Mitglieder der menschlichen Gesellschaft ist die *Anthropogenese*.

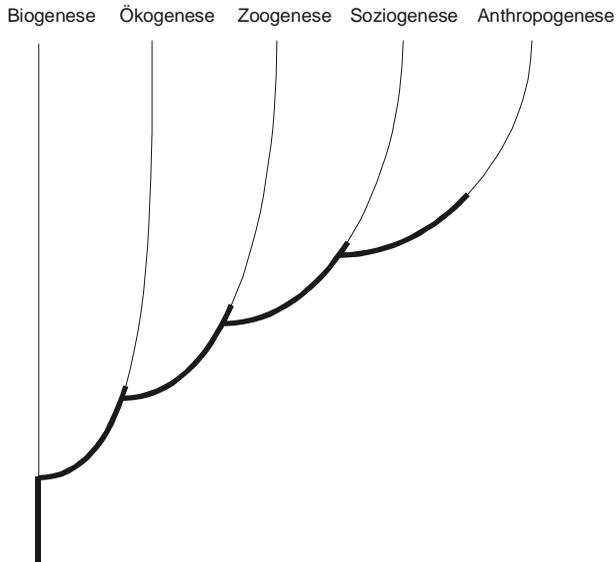


Abbildung 9: Rekonstruierte Etappen der Evolution

Abbildung 9 stellt dieses Vorgehen schematisch dar. Die verstärkten Linien kennzeichnen die Entwicklungslinien soweit, wie sie in dieser Arbeit theoretisch rekonstruiert werden. Die Darstellung der Entwicklung der funktionellen Minimalausstattung der biotischen Selektion und der biotischen Evolution, die Evolution der Evolution erfolgt nur en passant und soweit es zum Verständnis des Zusammenhangs erforderlich ist.

Zur Darstellung der bisher analysierten Beziehungen der lebenden Individuen zu Entitäten ihrer Umwelt wurde ein dazu geeigneter begrifflicher und terminologischer Apparat entwickelt, dessen tragender Begriff der Tätigkeitsbegriff ist. Es ist nun zu prüfen, inwieweit dieser Apparat auch geeignet ist, die neuen, ökologischen Beziehungen der Lebewesen zueinander darzustellen.

Es evident, dass dies für die trophischen Beziehungen der Fall ist, denn eine trophische Beziehung entsteht, indem das andere Lebewesen als *Gegenstand eines Bedürfnisses* identifiziert wird. Dadurch wird die Beziehung zur Tätigkeit und kann mit dem entsprechenden terminologischen Apparat dargestellt werden.

Für die anderen ökologischen Beziehungen gilt dies offensichtlich nicht. In diesen ist das andere Lebewesen identisches Subjekt, Konkurrent oder Sozialpartner. Diese

Beziehung sind keine Tätigkeiten und können daher nicht mit dem bisher entwickelten terminologischen Apparat dargestellt werden. Für jede dieser Beziehungen muss also ein eigener begrifflicher und terminologischer Apparat entwickelt werden.

Lebende Individuen, Lebewesen, gehen Beziehungen untereinander ein, trophische, antagonistische, kooperative und soziale. Damit erhalten sie neue Bestimmungen, die in logischer Hinsicht ebenfalls zweistellige Prädikate sind, die ihnen nur in der Beziehung auf andere Individuen zukommen. In einer trophischen Beziehung ist das Individuum Räuber *oder* Beute, in einer antagonistischen Beziehung ist es Sieger *oder* Verlierer, in einer kooperativen Beziehung ist es Träger einer Funktion des Gesamtsubjekts und in einer sozialen Beziehung ist es Sozialpartner eines anderen Individuums.

Die funktionelle Ausstattung der Lebewesen muss folglich so gestaltet sein, dass die Realisierung aller seiner Beziehungen gewährleistet wird. Das Lebewesen muss also zunächst funktionelle Komponenten besitzen, welche die Erhaltung des individuellen Lebens in allen seinen Beziehungen gewährleisten. Darüber hinaus müssen die Individuen auch funktionelle Komponenten erhalten, welche die Erhaltung des jeweiligen überindividuellen Systems gewährleisten. Dieser Zusammenhang wird im nächsten Abschnitt analysiert.

2.3 Die biotische Evolution

Die bisherige Rekonstruktion der Biogenese hat ergeben, dass die Erhaltung des thermodynamischen Ungleichgewichts verschiedene kritische Zustände durchläuft. Diese kritischen Situationen sind dadurch gekennzeichnet, dass die energetischen und stofflichen Ressourcen, welche die Erhaltung des Ungleichgewichts ermöglichten, ihrem Grenzwert nahe kommen. In diesen kritischen Situationen kommt es zu neuen Prozessen, die in Situationen fern vom Gleichgewicht nicht ablaufen.

Diese Prozesse wurden im Abschnitt 2.3 „Die Entwicklung des Urozeans“ (S. 42ff.) dargestellt. Infolge der osmotischen Variabilität der stabilen Bläschen kommt es zu deren Selektion, die schließlich im Ein- Individuum- Stadium mündet (s. S. 72!) . Wenn auch das letzte Bläschen zerfällt, ist die Biogenese irreversibel beendet, weil die die Entstehung und Erhaltung der stabilen Bläschen ermöglichenden Ressourcen des Urozeans auf abioogenem Wege nicht mehr entstehen können.

Infolge der nativen Kreativität der Bläschen können Varietäten von Bläschen entstehen, die neue abiotische Ressourcen nutzen können. Die Variabilität der Elemente der konzentrierten Phase ist nun nicht mehr nativ, sondern Resultat der Entwicklung, durch welche die stabile Phase die kritische Situation überwinden konnte. Solange die Erhaltung der konzentrierten Phase auf der Grundlage der abiotischen Ressourcen erfolgt, müssen immer wieder irreversible kritische Situationen eintreten, die nur überwunden werden können, wenn die individuellen Systeme der konzentrierten Phase durch ihre Kreativität geeignete funktionelle Komponenten hervorgebracht haben. In der kritischen Situation kommt es dann zur Selektion der Individuen, die bereits über die funktionellen Komponenten verfügen, die neue Ressourcen erschließen. Durch Selektion erhalten die an neue Bedingungen **angepassten** Individuen in der kritischen Situation einen Überlebensvorteil.

Mit der Entstehung der aktiven, lebenden Bläschen, die Energieträger gegen den Diffusionsgradienten aufnehmen, erhält auch die Selektion in der kritischen Situation eine neue Bestimmung. Es kommt zur **Konkurrenz**. Solange die Substanzen der Umgebung infolge der Diffusion auf thermodynamischem Wege in das stabile System *eindringen*, haben die Eigenschaften des Systems keinen Einfluss auf diesen Prozess. Das Eindringen von Teilchen in das System wird ausschließlich durch die Eigenbewegung der Teilchen und damit vom Zufall des Zusammentreffens von System und Teilchen bestimmt.

Mit dem Übergang zur aktiven Aufnahme der Teilchen wendet das reaktive Bläschen bei der Stoffaufnahme Energie auf. Dieser Umstand ist solange nicht relevant, wie das thermodynamische System noch fern vom Gleichgewicht ist. Das ändert sich wenn die kritische Situation eintritt. Nur die auf das aufzunehmende Teilchen übertragene Energiemenge bestimmt, welches Bläschen ein gegebenes Teilchen aufnehmen kann. In der kritischen Situation hängt es also von der individuellen Leitungsfähigkeit des Bläschens ab, ob es überlebt. Es kommt zur Konkurrenz.

*

Die Kreativität der individuellen Systeme ist autonom und wird nicht durch äußere Einwirkungen hervorgerufen. Deshalb ist sie auch ungerichtet. Der anzunehmende ursprüngliche Reichtum

des Ozeans an verschiedenen als Gegenstände geeigneten Substanzen macht fast jede Kreation zu einer geeigneten. Infolgedessen führt die biotische Kreativität zur Erhöhung der Variabilität der biotischen Phase. Es ist evident, dass die hohe Variabilität der biotischen Phase die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass angepasste Varietäten vorhanden sind, die das Überleben bei der in kritischen Situationen erfolgenden Selektion ermöglichen.

Die bisher rekonstruierte Ausstattung der individuellen lebenden Systeme ermöglichte es ihnen durch die native Eigenschaft (s. S. 47!) der Kreativität u. a., neue Resorber zu entwickeln, durch die das Subjekt neue Bedürfnisse kreieren konnte. Das System überlebte, wenn die Umwelt den im Bedürfnis geforderten Gegenstand bereit hielt.

Die Kreation eines neuen Resorbers ist zunächst eine „Hypothese“ des biotischen Systems, die an der Umwelt geprüft wird. Nur wenn es den hypothetisch unterstellten Gegenstand in der Umwelt auch gibt, kann das System überleben.

Die Abbildung eines Verhältnisses des Organismus zur Umwelt auf die Metapher der Hypothese stammt von Lorenz (1997). Sie wird hier jedoch nicht auf der Objektebene verwendet, sondern auf der Prädikatenebene. In der ursprünglichen Form ist „Hypothese“ zunächst ein Prädikat des Resorbers, mit dem eine Tätigkeit eingeleitet wird. Sie ist eine „**Tätigkeitshypothese**“. Sie bezeichnet den Umstand, dass eine mit einem bestimmten Resorber eingeleitete Tätigkeit erfolgreich oder erfolglos sein kann. In der Wechselwirkung mit der Umwelt wird sie gewissermaßen einem „Praxistest“ unterzogen, der bestanden ist, wenn das System überlebt.

Dieses Prinzip gilt nicht nur für Resorber, sondern für alle anderen funktionellen Komponenten auch. Da eine neue Komponente stets ein Eiweißmolekül ist, wird seine jeweilige Funktion durch dessen Struktur bestimmt. Weil diese üblicherweise auf die Metapher des Schlüssels abgebildet wird, bewirkt die Kreativität in dieser Redeweise die Ausbildung immer neuer Schlüssel für hypothetisch prognostizierte Schlösser, deren Vorhandensein durch den Praxistest geprüft wird.

Im Verlaufe der Evolution kommt es auch zur Bildung entwickelterer Schlüssel, beispielsweise „psychischer Hypothesen“ und zu den „Hypothesen der menschlichen Erkenntnis“. Im Folgenden werden die Termini „Hypothese“ und „Praxistest“ *ohne nähere Kennzeichnung* immer nur im Sinne

einer in der menschlichen Erkenntnis entwickelten Hypothese und deren Verifikation verwendet. Anderenfalls werden geeignet Zusätze wie in „Tätigkeitshypothese“ oder „Tätigkeitstest“ verwendet.

Die lebenden Systeme sind so *per definitionem* an die von ihnen selbst tätigkeitshypothetisch konstruierte Umwelt **angepasst**. Sie können genau in dieser Umwelt leben. Dieser Begriff der Anpassung ist von entscheidender Bedeutung für die weitere Analyse. Üblicherweise wird Anpassung als eine Umweltänderungen *nachfolgende* Leistung lebender Systeme betrachtet: Erst ändert sich die Umwelt und dann passen sich die Lebewesen durch Mutation und Auslese an diese Umwelt an. In der hier entwickelten Sicht sind Mutationen „hypothetische Konstruktionen möglicher Umwelten“. Sie gehen möglichen Veränderungen der Umwelt voraus und werden dann an der Realität geprüft. Hinzu kommt, dass diese Veränderungen Resultat der Tätigkeit der lebenden Systeme selbst ist. Die bisher rekonstruierte Entwicklung der präbiotischen Systeme erforderte es nicht, zusätzliche Veränderungen der Umwelt anzunehmen. Die von den Lebewesen selbst notwendig hervorgebrachten Umweltänderungen erklären diesen Prozess hinreichend.

Mit Kreativität, Variabilität, Konkurrenz und Selektion sind damit Prozesse entstanden, die in der Biologie als „**Faktoren der Evolution**“ bezeichnet werden. Ihre Wechselwirkung ist die ursprüngliche **Evolution**. Diese subjektive Festlegung der Verwendung des Terminus „Evolution“ ist für die Rekonstruktion nicht essentiell.

Diese im Verlaufe der Biogenese entstandenen ursprünglichen Evolutionsfaktoren ermöglichen auch die Überwindung der letzten kritischen Situation des Urozeans, die mit dem Verbrauch der noch abiotisch entstandenen anorganischen Ressourcen durch die autarken Systeme eintritt. Dazu ist nur die Annahme erforderlich, dass in diesem Urozean auch Varietäten entstehen, die andere Lebewesen als ihre Gegenstände identifizieren und fressen. Das erfordert keine anderen als die bereits rekonstruierten funktionellen Komponenten der lebenden Systeme.

Auch die Bedingungen zur Herausbildung der autarken Systeme werden durch die reaktiven Systeme zumindest

verbessert, wenn nicht erst geschaffen¹⁸. Indem die reaktiven und aktiven Systeme den Vorrat an sekundären Energieträgern verringern, reichern sie zugleich den Vorrat des Urozeans an energiearmen Stoffwechselprodukten an. Die Gegenstände der autarken Systeme werden so zunehmend biogen. Mit der Herausbildung der autarken Systeme entstehen aber auch neue Energieträger, die zu Gegenständen der aktiven Systeme werden können.

Die Evolution des Lebens tritt in eine neue Etappe ein. Die Voraussetzungen für die Erhaltung der biotischen Phase werden zunehmend biogen, das Leben erhält sich auf der von Leben selbst geschaffenen Grundlage.

*

Mit der Herausbildung differenzierter ökologischer Systeme ist auch die Herausbildung neuer funktioneller Komponenten der individuellen Minimalausstattung erforderlich. Die ursprünglich einheitliche biotische Phase differenziert sich, *indem* die Individuen die jeweils erforderlichen funktionellen Komponenten kreieren. Auch diese Entwicklung kann nur schrittweise durch Herausbildung jeweils lebensfähiger individueller Systeme erfolgen. Diese Schritte sollen nun soweit erforderlich rekonstruiert werden. Daraus ergibt sich die Abfolge der weiteren Darstellung.

Unter den Bedingungen der kritischen Situation der autarken Systeme kann die biotische Phase zunächst nur erhalten bleiben, wenn sie Systeme hervorbringt, die sich von den autarken Systemen ernähren. Das sind die Tiere. Die für das tierische Leben erforderliche Minimalausstattung wird in den Kapiteln „Zoogenese“ und „Psychogenese“ dargestellt. Die adäquate Darstellung der Entwicklung der Pflanzen ist in diesem Zusammenhang nicht erforderlich. In den Kapiteln „Anthropogenese“ und „Institutionalisierung“ erfolgt dann die Rekonstruktion der Entwicklung der menschlichen Seinsweise.

Die Prozesse der Herausbildung und Entwicklung der differenzierten ökologischen Systeme in Zoogenese, Soziogenese usw. finden nun nicht nacheinander statt, sondern

¹⁸ Die Existenz von freiem Kohlendioxid im Urozean kann nicht unbedingt vorausgesetzt werden. Es entsteht bei den dissimilierenden Prozessen der reaktiven Bläschen.

verlaufen parallel und gleichzeitig. Ihre eigenständige Darstellung in zusammenhängenden Kapiteln ist nur möglich, weil ihre Herausbildung jeweils andere Anforderungen an die individuelle Ausstattung stellt. Diese wird von der jeweils eigenen Logik dieser Anforderungen bestimmt.

Zunächst müssen aber diejenigen funktionellen Komponenten rekonstruiert werden, die eine Differenzierung der einheitlichen biotischen Phase in dauerhaft existierende unterschiedliche ökologische Teilsysteme und damit die weitere Evolution der Biosphäre ermöglichen. Das ist der Inhalt der nun folgenden Ausführungen.

3 Die Beziehungen der trophischen Systeme

3.1 Das trophische Gleichgewicht

Alle bisher rekonstruierten Systeme befinden sich mit ihrer Umgebung in einem chemischen Ungleichgewicht, wodurch ihre Existenz stets zeitlich begrenzt ist. Eine dauerhafte, zeitlich nicht notwendig durch die Systemeigenschaften begrenzte Existenz lebender Systeme erfordert also die Herausbildung weiterer funktioneller Komponenten, durch die das Leben in einen Zustand übergehen kann, in dem es dauerhaft existieren kann. Das ist im bisher rekonstruierten Beziehungsgefüge des Urozeans nicht mehr denkbar. Die lebenden Systeme müssen in Beziehung *zueinander* treten, wenn sich die biotische Phase weiter erhalten soll.

In der Etappe des thermodynamischen Ungleichgewichts des Urozeans erhält sich die biotische Phase, indem sich die einzelnen lebenden Systeme erhalten. Mit der Herausbildung der Fotosynthese und der gleichzeitigen Existenz aktiver und autarker Systeme sind die Bedingungen für die Herausbildung trophischer Beziehungen zwischen den lebenden Systemen entstanden. Die autarken Systeme können zu Energieträgern für die aktiven Systeme werden, die sich von diesen ernähren. Sie bilden als **tertiäre Energieträger** die **Biomasse**.

Die aktiven Systeme ernähren sich nun von den **biogenen Energieträgern** und erzeugen mit Kohlendioxid und Wasser zugleich die nun biogenen Gegenstände der Tätigkeit der autarken Systeme, die durch den Verbrauch dieser Gegenstände zu biogenen Energieträgern und damit zu Gegenständen der Tätigkeit der heterotrophen Systeme werden. Damit sind die Bedingungen entstanden, unter denen sich das thermodynamische Ungleichgewicht des Urozeans ökologischen Gleichgewichts erhalten kann.

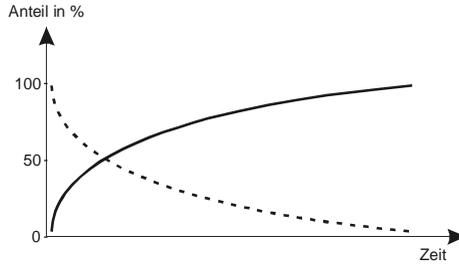


Abbildung 10: Ungleichgewicht im Urozean (— Substanz der biotischen Phase, Substanz der abiotischen Phase)

Die Grafik in Abbildung 10 zeigt die Entwicklung des chemischen Gleichgewichts mit zwei Reaktionspartnern nach dem Massenwirkungsgesetz. Die Reaktion kommt zum Erliegen, wenn die gesamte nutzbare Substanz der abiotischen Phase in die biotische Phase übergegangen ist.

Die dauerhafte Existenz lebender Systeme erfordert die Überführung des thermodynamischen Ungleichgewichts in einen Gleichgewichtszustand. Dieser wird durch die Herausbildung von Konsumenten erreicht. Konsumenten sind lebende Systeme, die sich von autarken Systemen, den Produzenten, ernähren. Reaktionskinetisch ist der Stoffwechsel der Konsumenten eine chemische Folgereaktion der Fotosynthese.

Die biotischen Phase besteht nun selbst aus zwei Phasen, der autotrophen und der heterotrophen Phase. Nach dem Massenwirkungsgesetz verläuft die Reaktion zunächst wie in Abbildung 11 dargestellt.

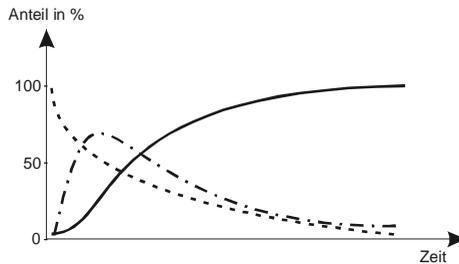


Abbildung 11: Die Herausbildung der Konsumenten (— heterotrophe Phase, - - - autotrophe Phase, abiotische Phase)

Da aber die Produkte der heterotrophen Phase wieder zu Edukten der autotrophen Phase werden, entsteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen diesen Phasen, das in theoretischer Idealisierung durch phasenverschobene Sinuskurven dargestellt werden kann.

Fasst man die beiden biotischen Phasen zu einer zusammen, entsteht als Reaktionsverlauf ein dynamisches trophisches Gleichgewicht, das in Abbildung 12 dargestellt ist.

Mit der Herausbildung des trophischen Gleichgewichts hat der Prozess der Entstehung des Lebens eine Stufe erreicht, auf der die Existenz des Lebens nur noch von der Dauer der Existenz des Sonnenlichts limitiert wird.

Das trophische Gleichgewicht ist ein dynamisches Fließgleichgewicht. Die Werte der im Gleichgewicht befindlichen Komponenten schwanken um einen Mittelwert und können in theoretischer Idealisierung mathematisch durch Sinuskurven mit Phasenverschiebung modelliert werden (Abbildung 12).

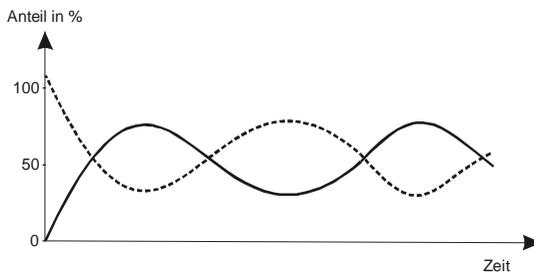


Abbildung 12: Trophisches Gleichgewicht (— biotische Phase, abiotische Phase)

Mit der Herausbildung dieses **trophischen Gleichgewichts** erreicht die Hydrosphäre eine neue Entwicklungsstufe, sie wird zur **Biosphäre**. Mit dieser Definition der Biosphäre wird nicht mehr nur die Gesamtheit der lebenden Systeme abgebildet, sondern die Gesamtheit der lebenden Systeme in ihrem Gleichgewicht mit ihrer Umwelt.

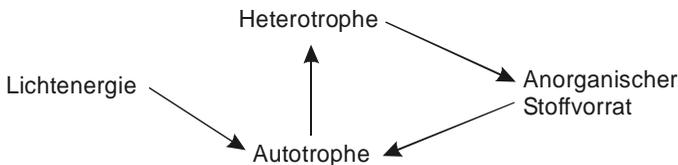


Abbildung 13: Das trophische Gleichgewicht der Biosphäre

3.2 Die Entwicklung des trophischen Gleichgewichts

Die erste Etappe der Entwicklung des Lebens ist durch die Entstehung und Erhaltung thermodynamischer Ungleichgewichte charakterisiert. Unter den Bedingungen des Urozeans entstanden und erhielten sich Systeme, die Stoffe gegen den Diffusionsgradienten transportieren konnten. Die dazu erforderliche Energie stammte aus abiogen entstandenen energiereichen Komponenten des Urozeans.

Mit der Herausbildung autarker Systeme waren schließlich Systeme entstanden, welche durch Fotosynthese energiearme Substanzen der Urozeans mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts zu systemeigenen Energieträgern synthetisierten.

Diese Etappe der Biogenese ist beendet, wenn die gesamte abiogen entstandene geeignete Substanz des Urozeans in lebende Systeme überführt wurde. Nach den Gesetzen der Thermodynamik müssten die lebenden Systeme nun zerfallen.

Mit der Entstehung der heterotrophen Systeme, welche die biogene Substanz und Energie der autarken Systeme zu ihrer Erhaltung nutzen konnten, ging das thermodynamische Ungleichgewicht allmählich in das trophische Gleichgewicht über. Die autarken Systeme wurden autotroph, d.h. die von ihnen genutzte Substanz war ebenfalls biogen im Stoffwechsel der heterotrophen Systeme entstanden. Mit der Differenzierung der ursprünglich einheitlichen biotischen Phase in unterschiedliche **trophische Phasen** waren die abiogenen Bedingungen des Urozeans in die biogenen Bedingungen der Biosphäre übergegangen.

Die weitere Entwicklung des Lebens bestand und besteht in der Erhaltung und Entwicklung des trophischen Gleichgewichts.

Bei der theoretischen Rekonstruktion der Entstehung dieses Gleichgewichts musste die Variabilität der lebenden Systeme als ursächliche Bedingung vorausgesetzt werden. Ohne Variabilität würde die Biosphäre dem chemischen Gleichgewicht zustreben und müsste schließlich zerfallen.

Als ständig wirkende Triebkraft der biotischen Evolution bewirkt die Variabilität einerseits eine ständige Gefährdung des trophischen Gleichgewichts und führt andererseits immer wieder zur Herstellung der Harmonie zwischen den sich immer weiter differenzierenden biotischen der Phasen der Biosphäre.

Mit der Herausbildung der heterotrophen Phase hat sich die biotische Phase in zwei Komponenten gegliedert, die in ihrem Zusammenwirken das trophische Gleichgewicht der Biosphäre

gewährleisten. Die beiden Komponenten der biotischen Phase werden im Allgemeinen als „Produzenten“ und „Konsumenten“ bezeichnet.

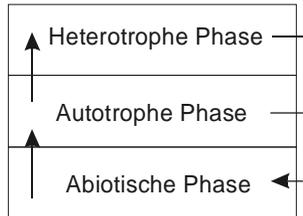


Abbildung 14: Gliederung der ursprünglichen Biosphäre

Die Biosphäre befindet sich solange in einem chemischen Gleichgewicht, wie die jeweils aufbauenden und abbauenden Prozesse jeweils gleiche Mengen an Ausgangsstoffen verbrauchen und gleiche Mengen an Endprodukten ergeben. Die Anteile der einzelnen Phasen an der Gesamtmenge der nutzbaren Substanz hängen von den Reaktionsgeschwindigkeiten dieser Prozesse ab. Dabei darf der Anteil der abiotischen Phase einen Minimalwert nicht unterschreiten, dessen Größe eben von der Geschwindigkeit der Stoffumsätze abhängt. So wird der Anteil der abiotischen Phase zu dem das Gleichgewicht limitierenden Faktor, seinem **Puffer**.

In der theoretischen Idealisierung kann als Ausgangsposition für die weitere Evolution eine Drittelung der einzelnen Anteile angenommen werden.

Diese theoretisch rekonstruierte Situation der Biosphäre wird im Allgemeinen als Zustand der Hydrosphäre der Erde für die Zeit vor etwa 3 Mrd. Jahren angenommen. Aus dieser Ausgangssituation der biotischen Evolution hat sich die rezente Biosphäre entwickelt, die tief differenziert ist und nahezu die gesamte Erdoberfläche von den Tiefen der Ozeane bis in große Höhen der Atmosphäre erfasst. Diese Entwicklung ging schließlich in die Herausbildung der Noosphäre, der Sphäre der vom Menschen gestalteten Welt über.

Die theoretische Rekonstruktion dieser Entwicklung in ihrer Minimalkonfiguration und nur soweit diese unmittelbar zur Herausbildung der menschlichen Seinsweise führt ist der Inhalt der nun folgenden Kapitel.

Die Herausbildung des trophischen Gleichgewichts erfordert die Entwicklung von Organismen, die sich von anderen Organismen ernähren und daher zu zielstrebigere Bewegung

befähigt sein mussten. Organismen mit dieser Organisation werden als **Tiere** bezeichnet, die autotrophen Organismen sind die **Pflanzen**. Mit der Rekonstruktion der Entstehung von Pflanzen und Tieren ist die Rekonstruktion des trophischen Gleichgewichts der Biosphäre beendet. In ihrer gegenseitigen trophischen Beziehung werden Pflanzen und Tiere gewöhnlich als **Produzenten** und **Konsumenten** bezeichnet.

Die Erhaltung des trophischen Gleichgewichts der Biosphäre erfordert, dass sich auch Konsumenten und Produzenten in einem Gleichgewicht befinden. Dieses Gleichgewicht macht eine Harmonisierung der aufbauenden Prozesse der Konsumenten mit den abbauenden Prozessen der Produzenten notwendig. Sie müssen in Geschwindigkeiten verlaufen, welche die Erhaltung des abiotischen Puffers ermöglichen.

Das Massenwirkungsgesetz fordert nun, dass ein bestehendes trophisches Gleichgewicht sich nur erhält, wenn die Reaktionsgeschwindigkeiten der beteiligten Partner konstant bleiben. Diese Bedingung kann in der Realität infolge der Variabilität der lebenden Organismen nicht erfüllt werden. Jede Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit einer Komponente der biotischen Phase gefährdet das Gleichgewicht und führt zu seinem Zusammenbruch, wenn es nicht zu einer Veränderung einer anderen Komponente kommt, durch welche die Reaktionsgeschwindigkeit der jeweiligen Phase wieder harmonisiert wird.

Wie bereits ausgeführt, erreicht die Biosphäre ihr erstes trophisches Gleichgewicht, wenn die Menge der entstandenen ursprünglichen Pflanzenfresser in einem harmonischen Verhältnis zur Menge der ursprünglichen Pflanzen steht. In diesem Zustand limitiert die Menge der Pflanzen die maximale Menge der Tiere. Infolge der mit der Fortpflanzung eintretenden Vermehrung der Menge der Tiere kommt es regelmäßig zu kritischen Zuständen (Abbildung 15), in denen die Werte sich ihren Grenzen nähern. An solchen Punkten besteht die Gefahr des Zusammenbruchs der Biosphäre.

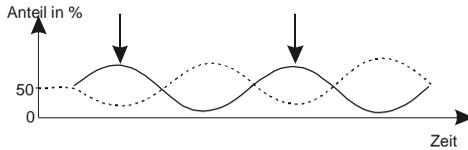


Abbildung 15 Kritische Zustände (Pfeile) im trophischen Gleichgewicht (— heterotrophe Phase, autotrophe Phase)

Mit der Entstehung heterotropher biotischer Systeme erreicht die Biosphäre ein trophisches Gleichgewicht zwischen drei koexistierenden Phasen:

- der anorganischen Phase,
- der autotrophen Phase und
- der heterotrophen Phase.

Die Reaktionsgeschwindigkeit, mit der sich das trophische Gleichgewicht einstellt, ist von der Intensität der Sonneneinstrahlung, der Geschwindigkeit des Stoffwechsels der Komponenten der biotischen Phase und der Effektivität der Tätigkeit der Subjekte abhängig. Bei **Harmonie** dieser Parameter, d.h. bei gleicher und konstanter Geschwindigkeit der aufbauenden und abbauenden Prozesse ist auch das Gleichgewicht konstant. Die Entwicklung des Lebens würde auf dieser Entwicklungsstufe verharren.

Infolge der anhaltenden Variabilität der lebenden Systeme wird das einmal entstandene trophische Gleichgewicht ein labiles Gleichgewicht, dass bei Abweichungen einzelner Parameter vom Standardwert zusammenbricht. Seine dauerhafte Existenz ist zwar infolge der Variabilität erst entstanden, wird durch ihren Fortgang aber auch ständig gefährdet.

Mit der Entstehung der heterotrophen Phase verändern sich die Parameter der Schwingung der biotischen Phase insgesamt, sie wird gedämpft, was sich auch auf die Schwingung der abiotischen Phase überträgt. Durch die Dämpfung seiner Schwingung wird das trophische Gleichgewicht weniger labil und ist gegen Veränderungen der Parameter der biotischen Phase innerhalb bestimmter Grenzen abgepuffert. Die Existenzdauer dieses gedämpften trophischen Gleichgewichts wird wiederum von der Harmonie der beteiligten biotischen Systeme bestimmt.

Innerhalb des trophischen Gleichgewichts wird der Anteil jedes Partners an der Gesamtmenge der biotischen Phase durch die Menge der verfügbaren Gegenstände (Nahrung) limitiert.

Während dieser kritischen Zustände erhalten Varietäten einen Auslesevorteil, die durch neue Bedürfnisse neue Entitäten zu Gegenständen dieser Bedürfnisse machen können. Der nächste Schritt einer solchen Entwicklung der Tiere besteht darin, andere Tiere zum Gegenstand ihrer Bedürfnisse zu machen. Sie werden zu **Konsumenten 2.Ordnung**. Mit dieser Entwicklung differenziert sich die heterotrophe Phase in **Beute** und **Räuber** und die biotische Phase der Biosphäre wird zur **Nahrungspyramide**.

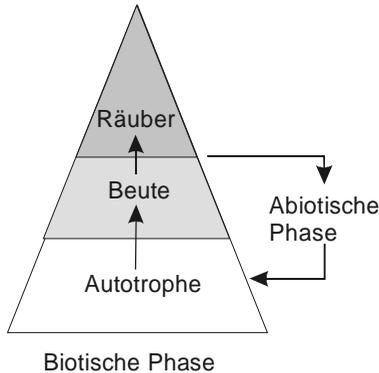


Abbildung 16: Nahrungspyramide (grau: heterotrophe Phase)

Die Herausbildung von Räubern entlastet den Druck auf die autotrophe Phase und führt zu einer weiteren Dämpfung der Schwingung des trophischen Gleichgewichts. Dadurch wird das trophische Gleichgewicht stabiler.

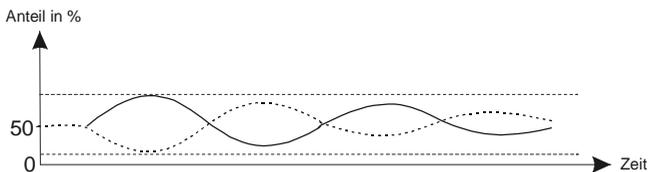


Abbildung 17: Dämpfung der Amplituden des trophischen Gleichgewichts (— heterotrophe Phase, - - - autotrophe Phase)

4 Die funktionelle Minimalausstattung der heterotrophen Zelle

Mit der Differenzierung der biotischen Phase in ökologische Systeme kann eine lebendes System nur als Mitglied eines überindividuellen ökologischen Systems existieren. Alle im Folgenden zu entwickelnden funktionellen Komponenten von Zellen sind also unter diesem Aspekt zu rekonstruieren. Sie müssen so beschaffen sein, dass sie dem Individuum seine Mitgliedschaft in einem bestimmten ökologischen System gewährleisten. Dem hier verfolgten Ziel entsprechend, wird nachfolgend nur der Organisationsstyp der heterotrophen Zelle rekonstruiert. Die Rekonstruktion der Minimalausstattung des Organisationsstyps der Autotrophen erfolgt aus den dargelegten Gründen hier nicht.

Mit den autonomen Systemen waren sekundäre Energieträger entstanden. Diese liegen aber nun nicht mehr in löslicher, monomerer oder oligomerer, sondern in unlöslicher polymerer, makromolekularer Form vor. Das erfordert eine neue Ausstattung der aktiven Systeme. Die Makromoleküle müssen erst in kleinere Bausteine zerlegt („verdaut“) werden, ehe sie von Resorbern aufgenommen werden können. Zum anderen sind sie infolge ihrer Unlöslichkeit nicht mehr gleichmäßig in der Umwelt verteilt, sondern liegen diskret, in „Klumpen“, als Gegenstände i.e.S. vor. Das erforderte die Fähigkeit, sich *zielstrebig* zu den diskret vorliegenden Gegenständen zu *bewegen*. Die Herausbildung dieser Fähigkeit muss nun theoretisch rekonstruiert werden.

Wie bisher gezeigt wurde, musste eine schrittweise Rekonstruktion der Entstehung lebender Systeme, bei der jeweils nur als funktionierend anzusehende Schritte zugelassen sind, stets von den Bedingungen ausgehen, unter denen sich die entwickelnden lebenden Systeme erhalten mussten. Für keine der bisher rekonstruierten Entwicklungsstufen gab es für die Herausbildung der nächsten Stufen einen anderen Grund, als die Veränderungen der Umwelt, die durch das Sein der gerade existierenden hervorgebracht wurden.

Die bekannten Gesetze von Physik und Chemie lassen den abiogenen Ablauf der dargestellten Entwicklungsschritte im Urozean zu. Die jeweils vollzogenen Entwicklungsschritte waren „klein“, d.h. sie erforderten jeweils nur die Veränderung einer Position, eines Merkmals des jeweiligen präbiotischen oder biotischen Systems. Die Annahme von mehreren zufällig gleichzeitig stattfindenden harmonischen („kongenialen“) und

damit wenig wahrscheinlichen Schritten war nicht erforderlich. Bei jedem Schritt blieben die Systeme in den jeweiligen Umgebungen existenzfähig.

Der zur Herausbildung des ökologischen Gleichgewichts erforderliche Erwerb der Fähigkeit der aktiven Systeme, sich von großen und diskreten Energieträgern zu ernähren, erfordert jedoch den Vollzug mehrerer koordinierter Entwicklungsschritte:

- die Ausbildung von Systemelementen, die Makromoleküle in Monomere zerlegen (verdauen) können,
- die Ausbildung von Systemelementen, die das System bewegen können und
- die Ausbildung von Systemelementen, welche diese Bewegung zum entfernten Gegenstand steuern können.

Erst nach der Ausbildung aller dieser Systemelemente war das Überleben der heterotrophen Systeme unter den neuen Umweltbedingungen und damit die Herausbildung des ökologischen Gleichgewichts gewährleistet. Mit dieser Ausstattung werden die aktiven Individuen **heterotrophe** und die autarken Individuen **autotrophe** Organismen

Bei einer einfachen *Konstruktion* eines theoretischen Modells des heterotrophen Systems ist die Reihenfolge beliebig, in der seine Elemente konstruiert und dem Modell zugefügt werden. Das heterotrophe System muss erst funktionieren, wenn es fertig ist. Die Aufgabe wäre gelöst, indem die erforderlichen Merkmale dem Modell des aktiven Bläschens hinzugefügt werden

So aber verläuft Evolution nicht. Evolution verläuft schrittweise, wobei jeder Schritt ein nicht nur lebensfähiges System hervorbringt, sondern ein System, das unter den gegebenen Umweltbedingungen einen Auslesevorteil besitzt. Das bedeutet, dass es für jedes hypothetisch erforderliche Systemelement eine Konstellation von Umweltbedingungen gegeben haben muss, unter denen es diesen Auslesevorteil bot.

Die theoretische *Rekonstruktion* der Evolution der Systemelemente des heterotrophen Systems muss folglich auch die Schrittfolge rekonstruieren, in der sich die jeweils erforderlichen Umweltbedingungen entwickelten. Wie bisher gezeigt, sind die Umweltbedingungen, die einen der bisher entwickelten Entwicklungsschritte des werdenden lebenden Systems ermöglichten und zugleich erforderten, Resultat der Existenz eben dieses Entwicklungsschrittes. Das sollte auch für die Evolution der einmal entstandenen lebenden Systeme gelten.

Es muss also rekonstruiert werden, welche Veränderungen des Urozeans in welcher Reihenfolge die Herausbildung der heterotrophen Systeme und damit die Umwandlung des Urozeans in die Biosphäre ermöglichten.

4.1 Die Entstehung der Verdauung

Eiweißmoleküle bilden auf der Grundlage ihrer linearen Struktur (Primärstruktur) eine räumliche Struktur („Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur“). Diese Gestalt der Eiweiße, ihre **Konformation** kann sich durch Phosphorylierung reversibel ändern. Dadurch werden chemische Wechselwirkungen zwischen dem Eiweiß und anderen Teilchen (Molekülen, Ionen, Protonen, Elektronen) möglich, in deren Verlauf sich die Beschaffenheit dieser Teilchen ändert. Da diese Konformationsänderungen reversibel sind, kann das Eiweiß nach der Reaktion wieder seine ursprüngliche Gestalt annehmen (Abbildung 18, s. auch Schloss- Schlüssel- Reaktion S. 54!). Die unterschiedlichen Konformationen sind in Abbildung 18 durch unterschiedliche Grautöne dargestellt. Diese Wirkungsweise der Eiweiße wird als „enzymatisch“ oder „biokatalytisch“ bezeichnet.

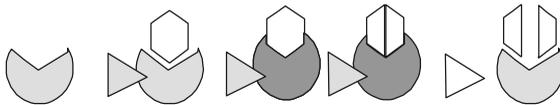


Abbildung 18: Die Wirkungsweise der Enzyme
(▷▷ Adenosinphosphate)

Die Abbildung 18 zeigt, wie ein größeres Molekül enzymatisch in kleinere Teilchen zerlegt werden kann. Wenn solche Enzyme in der Membran der aktiven Systeme angeordnet sind, können größere Energieträger der Umwelt in kleinere zerlegt (verdaut) und dann durch die Resorber aufgenommen werden. Ihre autonome Entstehung kann als eine mutagene Veränderung von Resorbern gedacht werden. Da die Wirkungen dieser Enzyme nach außen gerichtet sind, werden sie **Exoenzyme** genannt.

Mit der Herausbildung verdauender Systeme ist ein weiterer Schritt zur Rekonstruktion der Biosphäre vollzogen. Sie können ihren Auslesevorteil dann voll entfalten, wenn sie sich gerichtet zu den makromolekularen autotrophen Energieträgern bewegen können. Die Entwicklung dieser Fähigkeit muss also nun rekonstruiert werden.

4.2 Die Entstehung der Beweglichkeit

Die ursprünglichen lebenden Systeme ernähren sich von abiogen entstandenen monomeren oder oligomeren Energieträgern. Diese waren infolge der Diffusionsgesetze gleichmäßig im Urozean verteilt. Die Aufnahme von vorwiegend monomeren Energieträgern durch die präbiotischen Systeme beruhte auf den Gesetzen der Diffusion. Sie bewirkten jedoch eine stetige Abnahme der Konzentration an Energieträgern, so dass schließlich nur die lebenden Systeme erhalten blieben, die Energieträger auch gegen den Diffusionsgradienten aufnehmen konnten.

Auf dieser Stufe der Entwicklung des Lebens ist eine Eigenbewegung der ursprünglichen lebenden Systeme nicht erforderlich. Das Zusammentreffen von Subjekt und Gegenstand erfolgt wegen der geringen Größe der Teilchen auf thermodynamischem Wege infolge ihrer Eigenbewegung. Ein selektiver Vorteil sich fortbewegender lebender Systeme ist zunächst nicht erkennbar. Erst wenn die zur Bewegung führenden Konformationsänderungen der Eiweiße unmittelbar durch äußere Einwirkungen hervorgerufen werden, kann das Verlassen des Orts das Erreichen günstigerer Umweltbedingungen bewirken. Das ist genau dann der Fall, wenn die Umweltbedingungen in einem Gradienten gegeben sind (Abbildung 19).

Solange der durch den Zerfall der stabilen Systeme entstehende ursprüngliche Überfluss an sekundären Energieträgern nicht aufgebraucht ist, ist die Herausbildung beweglicher Systeme selektiv neutral. Mit dem anhaltenden Verbrauch sekundärer Energieträger, der **Nahrung**, entsteht jedoch allmählich ein Mangel an diesen. Der Mangelzustand tritt ein, wenn die Anzahl der thermodynamisch mit lebenden Systemen zusammentreffenden sekundären Energieträger nicht mehr ausreicht, um den Energiebedarf des Systems zu befriedigen.

Dadurch musste in der Umgebung der einzelnen Individuen die Konzentration der sekundären Energieträger abnehmen (Abbildung 13). Die Nahrung der lebenden Systeme war nicht mehr gleichmäßig in ihrer Umgebung verteilt, sodass optimale und weniger optimale Umweltbereiche entstanden. Gleichzeitig reicherte sich die unmittelbare Umwelt des lebenden Systems mit Abbauprodukten des Stoffwechsels an, durch welche die Umwelt auch einen direkt schädlichen Einfluss auf die Organismen haben

konnte. So ist wird allgemein angenommen, dass der bei der Fotosynthese freiwerdende Sauerstoff für die ursprünglichen heterotrophen Systeme wie ein Gift wirkte.

Unter diesen Bedingungen aber hatten die lebenden Systeme , die sich bewegen konnten, einen Auslesevorteil.

Die lebenden Systeme mussten also mit Bewegungselementen ausgestattet werden. Diese können als Membranproteine gedacht werden, deren durch Phosphorylierung hervorgerufene Konformationsänderungen eine Bewegung des Systems verursachten. Bereits die Entstehung einer ungerichteten Beweglichkeit würde unter diesen Umweltbedingungen einen Überlebensvorteil bieten. Der unbewegliche Aufenthalt in ungünstigen Umweltbereichen führt in jedem Fall zum Tod, eine zufällige Bewegung führt statistisch in 50% der Fälle in Richtung weg vom Pessimum und hin zum Optimums.

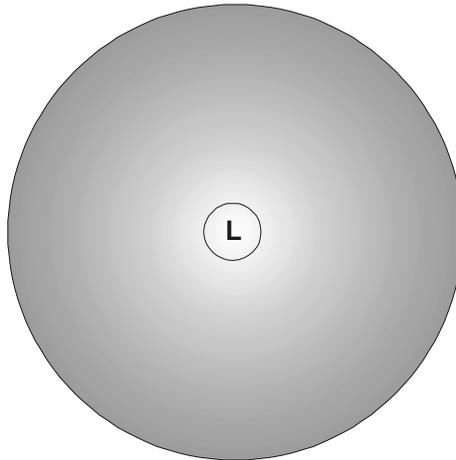


Abbildung 19: Umwelt mit Konzentrationsgradient, L bewegliches lebendes System

Die Bewegung hat also von Beginn an zwei Richtungen, die Flucht weg von ungünstigen und die Annäherung hin zu günstigen Umweltbedingungen.

Die Intensität der Bewegungen wird durch die Energie bestimmt, die den Bewegungselementen als **Effektoren** über die Phosphorylierung zugeführt wird. **Effektoren** sind Endglieder einer Kette biochemischer Prozesse, mit denen das Subjekt

durch Einwirkung auf die Umwelt eine spezifische biotische Funktion realisiert. Im Verlaufe der Evolution entstehen weitere Effektorarten wie Drüsen oder elektrische Organe.

Die den Effektoren zugeführte Energiemenge wird von der Intensität der Dissimilation bestimmt. Diese ist einerseits von der Effektivität der dissimilierenden Elemente und andererseits von dem Vorhandensein von Energieträgern in der Umwelt abhängig. Die Intensität der Bewegung wird so unmittelbar durch den Erfolg der Tätigkeit bestimmt.

Das lebende System bewegt sich also zeitlebens. Die Beweglichkeit ist von Beginn an immanentes Merkmal des Lebendigen.

Für die weitere Analyse ist die Erkenntnis bedeutsam, dass die Beweglichkeit lebender Systeme wie Resorption und Exkretion von Anfang an eine **autonome Aktionen** sind. Sie werden in keiner Weise von äußeren Einwirkungen („Reizen“) **ausgelöst**.

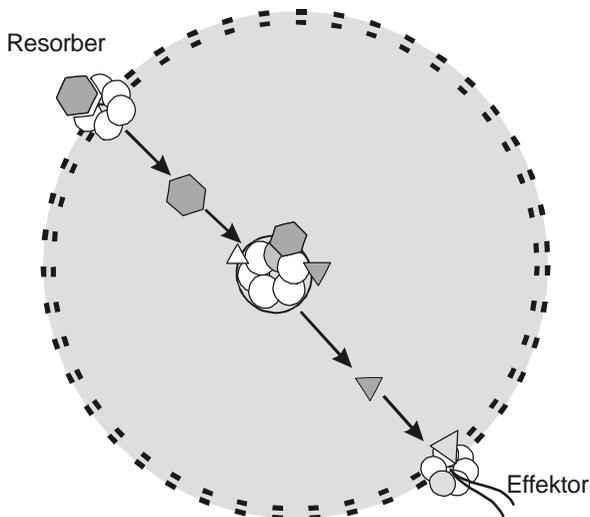


Abbildung 20: Einfache Beweglichkeit (→ stofflich-energetische Beziehung, ● Gegenstand, ▷▷ Adenosinphosphate)

Über die Frage, ob es bei Lebewesen ungesteuerte Bewegungen gibt, hat auch Lorenz nachgedacht. Er schreibt:

„Es scheint nicht bekannt zu sein, ob bei niedrigsten Lebewesen jemals Beweglichkeit ohne Reizbarkeit vorkommt. Bakteriologen blieben mir die

Antwort auf die Frage schuldig, ob es bewegliche Kleinstlebewesen gebe, die zur Reizbeantwortung nicht fähig sind. Im Prinzip wäre es denkbar, daß Beweglichkeit, insbesondere die Fähigkeit zur Ortsbewegung, die Wahrscheinlichkeit des Energiegewinns auch dann zu vermehren vermag, wenn kein Informationserwerb mit ihr einhergeht.“ (Lorenz, 1997, S. 67)

Die Autonomie von Lebensvorgängen ist somit als dem Leben immanent verstanden. Sie wird den lebenden Systemen nicht mit einer zusätzlichen Begründung (oder auch ohne diese) *zugeschrieben*.

Diese Autonomie der Lebensvorgänge muss bei allen nachfolgenden Entwicklungsstufen des Lebens erhalten bleiben, es sei denn, es werden Bedingungen wirksam, durch welche diese Autonomie sekundär verloren geht.

Modell 6. Stufe:

Lebendes System mit der Fähigkeit zur ungesteuerten Bewegung.
Die Intensität der Bewegung ist dem Erfolg der Tätigkeit direkt proportional.
Die ursprüngliche Kinese

Die einfachste denkbare Steuerung der Bewegung ist die Steuerung der Intensität der Funktion des Effektors und damit der Geschwindigkeit der Bewegung. Bei der in Abbildung 20 dargestellten einfachen Beweglichkeit wird die Geschwindigkeit über den Erfolg der Tätigkeit geregelt: Je erfolgreicher die Tätigkeit desto höher die Geschwindigkeit. Dieser Zusammenhang führt in einer Umwelt, in der die Gegenstände ungleichmäßig verteilt sind, dazu, dass der Aufenthalt des Organismus in 50% der Fälle gerade in den Umweltbereichen verkürzt würde, in denen die Tätigkeit besonders erfolgreich ist. Dagegen würde die Aufenthaltsdauer in ungünstigen Umweltbereichen verlängert werden.

Ein Auslesevorteil würde aber dann erreicht, wenn der Aufenthalt des Organismus in optimalen Umweltbereichen verlängert würde. Dieser Effekt ist bei einer Steuerung der Bewegung unmittelbar über den Stoffwechsel offensichtlich nicht zu erreichen. Zwischen Stoffwechsel und Effektor muss eine neue hypothetische Komponente H (Abbildung 21) treten, welche die Aktivität des Effektors in der beschriebenen Weise beeinflusst.

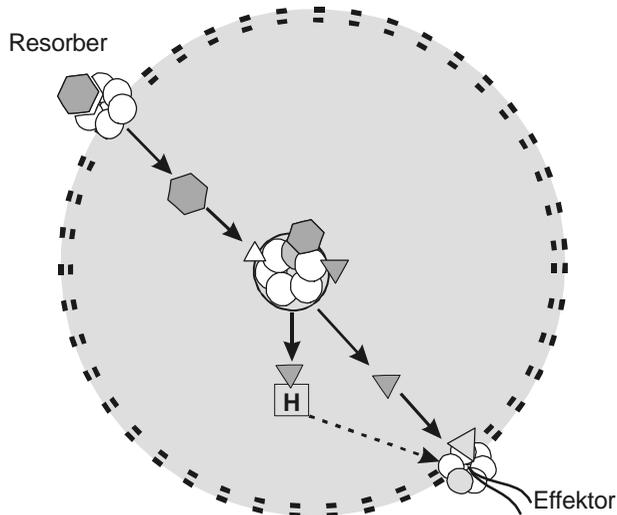


Abbildung 21. Hemmung der Aktivität des Effektors durch H (→ stofflich-energetische Beziehung, ● Gegenstand, - - - → informationelle Beziehung, ▷▷ Adenosinphosphate)

Bei hoher Stoffwechselintensität, d.h. unter günstigen Umweltbedingungen muss H die Aktivität des Effektors **hemmen**. Dadurch verweilt das System unter den günstigen Umweltbedingungen. Sinkt die Stoffwechselintensität infolge einer Verschlechterung der Umweltbedingungen, dann hört die Hemmung auf, die Intensität der Bewegung wird erhöht und die ungünstigen Umweltbedingungen werden verlassen.

Die erforderliche neue Komponente ist wieder ein Eiweißmolekül, das durch Phosphorylierung in eine energetisch angeregte Konformation versetzt wird. In diesem Zustand wirkt es auf den Effektor. Diese Wirkung muss also gegen die stofflich-energetischen Wirkungen des Systems auf den Effektor gerichtet sein. Die Beziehung dieser hypothetischen Komponente zum Effektor ist also keine stofflich-energetische Beziehung.

4.3 Eiweiße werden Nachrichtenträger

Die Eigenschaften der Eiweiße bewirken, dass biochemische Prozesse mit Eiweißen sich von „gewöhnlichen“ chemischen Prozessen dadurch unterscheiden, dass die Eiweiße eine spezifische katalytische Wirkung entfalten. Sie sind

Biokatalysatoren, Enzyme. Bei enzymatischen Prozessen verändert sich die Konformation der Enzyme reversibel. Die Enzyme sind nach Ablauf der Reaktion wieder in ihrer ursprünglichen Konformation vorhanden.

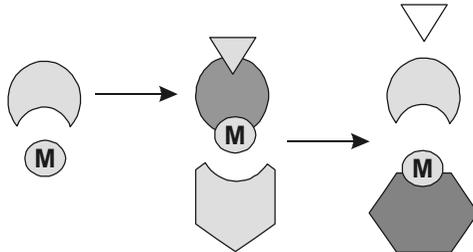


Abbildung 22: Übertragung eines Molekül (z.B. die Methylgruppe M) von einem Eiweiß auf ein anderes (▷▷ Adenosinphosphate)

Hinsichtlich der Ergebnisse biochemischer Reaktionen mit Eiweißen lassen sich zwei verschiedene Prozesse unterscheiden. Rein biokatalytische Prozesse bewirken stofflich-energetische Veränderungen des Substrats. So kann beispielsweise ein Monomer in kleinere Gruppen gespalten werden (Abbildung 18).

Neben diesen rein katalytischen Prozessen gibt es solche, bei denen durch Übertragung von Atomgruppen ausschließlich Konformationsänderungen bewirkt werden. Sowohl die beteiligten Proteine als auch die übertragenen Atomgruppen bleiben chemisch unverändert¹⁹ (Abbildung 22).

Die Konformationsänderungen erfordern Energie, die den Eiweißen durch Phosphorylierung zugeführt wird. Die dadurch ausgelöste Konformationsänderung besteht jedoch nicht in einer chemischen Veränderung bestimmter Substratmoleküle, sondern in der Anlagerung von Atomgruppen. Als verbreiteter Mechanismus dieser Art wurde bei Bakterien die Anlagerung von Methylgruppen (-CH₃) erkannt²⁰.

Durch Übertragung von Methylgruppen an die Bewegungselemente kann nun eine Konformationsänderung an diesen ausgelöst werden, durch die eine Verringerung der Intensität der Bewegung bewirkt wird. Die Bewegung wird gehemmt.

¹⁹ Bei den entwickelten Zellen werden diese Enzyme „Transferasen“ genannt.

²⁰ In der Biochemie wird die Anlagerung/Abspaltung von CH₃-Gruppen als „Methylierung/Demethylierung“ bezeichnet.

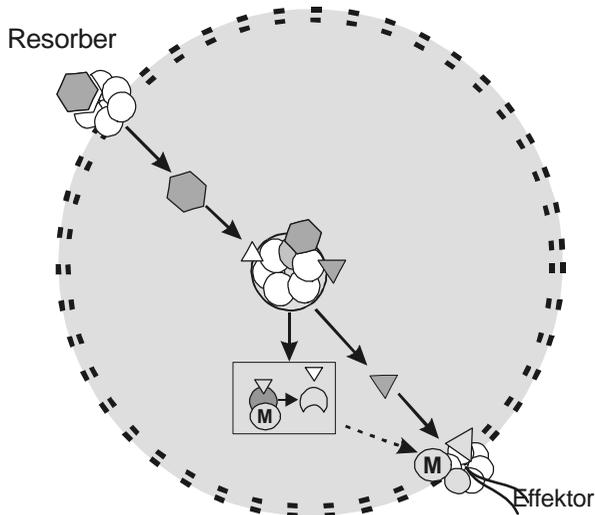


Abbildung 23: Hemmung der Bewegung durch Methylierung H (→ stofflich-energetische Beziehung, ◈ Gegenstand (---→ informationelle Beziehung, ▷▷ Adenosinphosphate)

Wie in Abbildung 23 dargestellt, kann die Funktion des hypothetischen Steuerelements von einem Eiweißmolekül erfüllt werden, wie es in Abbildung 22 dargestellt ist. Solange bei der Dissimilation energiereiches Adenosinphosphat hergestellt wird, solange wird die Methylgruppe an den Effektor übertragen und die Bewegung gehemmt. Wird infolge mangelnder Nahrung nicht mehr genügend energiereiches Adenosinphosphat hergestellt, können keine Methylgruppen mehr an den Effektor übertragen werden. Dadurch wird dieser demethyliert, die Hemmung aufgehoben und das lebende System verlässt den ungünstigen Umweltbereich.

Vergleichen wir zur Vertiefung der Analyse dieses Sachverhalts Abbildung 18 (S. 94) mit Abbildung 22. Bei Prozessen, wie sie in Abbildung 18 dargestellt sind, ist deren biologische Funktion das stoffliche oder energetische Resultat des Prozess selbst. Seine Quantität ist ein Prädikat dieser Umsetzungen und begleitet diese nur. Prozesse, wie in Abbildung 22 dargestellt sind jedoch von anderer Art: Ihre biologische Funktion ist nicht die Übertragung von Stoff oder Energie, sondern die Übertragung der Häufigkeiten von Konformationsänderungen.

Die Häufigkeit N der biochemischen Reaktionen einer Stoffwechselkomponente des lebenden Systems ist die Resultante zweier Größen: Der Anzahl der chemischen Aktionen der einwirkenden Komponente E und der spezifischen Funktionsweise der jeweiligen Komponente, die mathematisch als Proportionalitätsfaktor ausgedrückt werden kann.

$$(2) \quad N = k \cdot E$$

Durch eine solche Abhängigkeit ist auch die einfache Beweglichkeit gekennzeichnet. Das System zappelt umso schneller, je mehr energiereiches Adenosinphosphat bereitgestellt wird.

Das Steuerelement muss durch eine andere Abhängigkeit bewirken:

$$(3) \quad N = 1/k \cdot E$$

Das gesteuerte Bewegungselement muss umso langsamer zappeln, je mehr energiereiches Adenosinphosphat bereitgestellt wird. Dieses Resultat kann die Einwirkung des Steuerelements nicht durch seine stofflich-energetischen Bestimmungen bewirken. Deren Wirkung ist stets direkt proportional. Die biotisch funktionalen Bestimmungen der Wirkungen des Steuerelements werden folglich nicht durch seine stofflich-energetischen Merkmale bestimmt und können demzufolge auch nicht mit den Begriffen und Termini der Physik und Chemie dargestellt werden.

Ihre Darstellung und Analyse erfordert wieder einen neuen begrifflichen und terminologischen Apparat, denn die neue Komponente wirkt nicht im Rahmen der bisher entwickelten stofflich-energetischen Beziehungen und kann daher nicht mit deren Begriffen erfasst werden.

Mit der Herausbildung steuernder Systemelemente entsteht auch eine neue biotische Funktion. Die von Eiweißmolekülen übertragenen Teilchen transportieren nicht nur Substanz und Energie, sondern auch **Information**.²¹ Bei manchen

²¹ Es ist evident, dass diese Bestimmung mit der klassischen Definition des Informationsbegriffes verträglich ist. Die Nachricht ist digital organisiert und die Shannon'sche Formel $I = \log_2 1/p$ ist leicht aus der Formel (3) $N = 1/k \cdot E$ abzuleiten. Eine weitere Vertiefung dieses Gedankens ist an dieser Stelle nicht erforderlich.

Systemelementen besteht ihr Beitrag zur Erhaltung des Systems nun nicht mehr in der Übertragung von Substanz oder Energie sondern ausschließlich in der Übertragung von Information. Diese Systemelemente nenne ich „**Nachrichtenelemente**“.

Das Wesen der Kategorie der Information resultiert nicht nur aus der einstelligen Bestimmung als Informationsmenge, sondern aus ihrer zweistelligen Bestimmung als Information über etwas, als semantische Information. Diese Bestimmung resultiert nicht aus ihrer stofflich-energetischen Beschaffenheit und auch nicht aus ihrer Menge.

Durch die Häufigkeit der Nachrichtenergebnisse informiert das Subjekt seine Effektoren über das Maß, in dem sie ihre Funktion zur Befriedigung seiner Bedürfnisse erfüllen. *Die semantische Information ist eine Bestimmung, die das Subjekt einem von ihm ausgelösten stofflich-energetischen Ereignis zuordnet.* Der Begriff der semantischen Information kann also nur definiert werden, indem er in Beziehung zum Begriff des Subjekts gesetzt wird. Information kann von Beginn an nicht ohne Subjekt gedacht werden.²²

Zur Vermeidung von Missverständnissen sei darauf verwiesen, dass die Kategorie der Nachricht Begriffe der Prädikatenebene umfasst, die nicht mit denen der Objektebene verwechselt werden dürfen. Auf der Objektebene handelt es sich immer um biochemische Prozesse, die unter bestimmten Verhältnissen informationelle Prädikate annehmen. Man kann also nicht auf eine Komponente der biochemischen Reaktionskette zeigen und sagen: „Diese Komponente ist eine Nachricht.“ Richtig ist: Diese Komponente erhält unter jenen Bedingungen das Prädikat, Nachricht zu sein. Das gilt auch für die Darstellung der Funktion reiner Nachrichtenelemente, auch wenn diese Redeweise in bestimmten Kontexten vereinfacht werden kann.

Die hier konstruierten Entwicklungsstufen der einfachen Beweglichkeit und der ursprünglichen Kinese sind hypothetische Rekonstruktionen von Zwischenstufen. Die einfachsten empirisch belegten Bewegungsformen bei rezenten lebenden Systemen sind erheblich komplizierter.

Die dargestellten hypothetischen Formen der Bewegung können bei rezenten Organismen deshalb nicht mehr anzutreffen

²² Information ist also keine objektive, sondern eine subjektive Eigenschaft von Entitäten.

sein, weil die Umweltbedingungen nicht mehr gegeben sind, unter denen sie das Überleben des Systems gewährleisteten. Es war dies eine Umwelt, in der die Gegenstände als Monomere oder kleine Oligomere gegeben sind, die infolge ihrer Eigenbewegung im Urozean diffundieren und sich daher in unmittelbarem Kontakt mit den lebenden Systemen befinden konnten. Durch den Erwerb der Fähigkeit zur Verdauung konnten auch Gegenstände angeeignet werden, die nicht unmittelbar resorbiert wurden.

Die heute gegebenen Bedingungen erfordern eine kompliziertere Ausstattung des Organismus. Die rezenten Bewegungsformen unterscheiden sich von den soeben dargestellten Konstruktionen dadurch, dass sie nicht über die Gegenstände der Tätigkeit der Subjekte über den Stoffwechsel gesteuert werden, sondern durch große, polymere Gegenstände. Diese Bewegungsform wird im folgenden Abschnitt rekonstruiert.

Modell 7. Stufe: Bedürfnisgesteuerte Tätigkeit

Lebendes System mit der Fähigkeit zur gesteuerten Bewegung.

Die Intensität der Bewegung ist dem Erfolg der Tätigkeit indirekt proportional (ursprüngliche Kinese).

Die Bewegung wird unmittelbar durch die Bedürfnisbefriedigung gesteuert.

4.4 Die signalgesteuerte Kinese

Die ursprüngliche Kinese erfordert eine Umwelt, in der die Nahrungspartikel ungleichmäßig konzentriert und in monomerer Form vorliegen. Ihre Konzentration sollte so hoch sein, dass die durch Diffusion bewirkten Kontakte zwischen Nahrungsteilchen und lebendem System mindestens so häufig erfolgen dass eine Tätigkeit möglich wird, die auch eine Bewegung des Systems in Richtung des Diffusionsgradienten ermöglicht.

Auch in diesem Zustand blieb die Umwelt nicht unverändert erhalten. Der Stoffwechsel der lebenden Systeme führt schließlich zu einer Verknappung auch dieser ursprünglich abiotischen Ressourcen. Durch die Entstehung autotropher lebender Systeme waren jedoch neue Ressourcen entstanden, welche die Erhaltung des Lebens auf seiner eigenen Grundlage ermöglichten. Dazu ist jedoch eine weitere Entwicklung der Kinese erforderlich.

Die autotrophen Systeme unterliegen wegen ihrer Größe nicht mehr der Diffusion, so dass ein ausreichend häufiger thermodynamisch bedingter Kontakt nicht mehr angenommen werden kann. Hinzu kommt, dass auch diese autotrophen Systeme zur Kinese befähigt sein konnten. Die heterotrophen

schließlich Formen hervorgehen, die den Sauerstoff zur Energiegewinnung nutzen.

Für diese Überlegung sind die Ergebnisse neuerer Untersuchungen der Steuerung der Bewegung von *E. coli* bedeutsam. Sie haben gezeigt, dass der molekulare Mechanismus der Steuerung ihrer Kinese bei Flucht und Aufsuchen prinzipiell gleich ist. Die Spezifik der Informationsübertragung im Zellplasma erfordert jedoch bei der Annäherungsreaktion auf einen Attraktor mehr biochemische Schritte als die Fluchtreaktion auf einen Repellor. Daraus könnte geschlossen werden, dass die Fluchtreaktion die evolutionär ursprünglichere ist und folglich vor der Annäherungsreaktion entstand. (Nach einer persönlichen Mitteilung von Prof. Wolfgang Alt, Bonn).

Zur Herausbildung der Steuerung der Bewegung durch Signale muss ein weiterer Schritt in der Entwicklung der lebenden Systeme erfolgen. Die Membran muss mit Eiweißmolekülen ausgestattet werden, bei denen Konformationsänderungen durch die fernwirkenden Ereignisse ausgelöst werden. Diese **Rezeption** unterscheidet sich von der **Resorption** dadurch, dass bei der Rezeption keine Partikel in das Systeminnere transportiert werden. Die Signale bewirken nur Konformationsänderungen der Rezeptoren, die als Nachrichten auf andere Moleküle übertragen werden (Abbildung 24).

Im System der Bewegungssteuerung treten die Fernwirkungen auf Rezeptoren an die Stelle der von der Resorption ausgelösten Reaktionskette. Rezeptoren erzeugen Nachrichten. Die Information dieser Nachrichten ist jedoch keine Information über die Befriedigung der Bedürfnisse des Subjekts, sondern eine Information über die Häufigkeit der Wechselwirkung mit der fernwirkenden Eigenschaften eines Objekts. Auf Grund dieser Information bewegt sich das Subjekt durch Kinese zum Urheber der Fernwirkung.

Rezeptoren können beispielsweise als weiterentwickelte Effektoren (Bewegungselemente) gedacht werden. Diese verfügen bereits über die Fähigkeit, auf eine äußere Einwirkung mit einer Konformationsänderung zu reagieren. Wirkt diese Konformationsänderung nach innen, kann sie dort zur Nachricht werden und weitergeleitet werden. Die Steuerung der Bewegung entsteht so aus der Bewegung selbst.

Beim Erreichen des Objekts kann - durch die Resorber direkt oder durch Exoenzyme vermittelt - das Objekt als Gegenstand

identifiziert und angeeignet werden. Führt die signalgesteuerte Kinese zur Annäherung an ein nicht als Gegenstand geeignetes Objekt, stirbt das Subjekt. Nur geeignete Rezeptoren und Verbindungen erhalten das Subjekt und werden vererbt. Auf diese Weise entsteht eine dauerhafte Verbindung zwischen Fernwirkungen und großen Gegenständen. Durch diese Verbindung ist die Fernwirkung zu einem **Signal** des Gegenstandes geworden, und das Subjekt weist der Fernwirkung die Funktionen des Signals des Gegenstandes zu.

4.5 Der Begriff des Signals

Eine Fernwirkung ist Signal *für ein Subjekt*, wenn dieses über einen geeigneten Rezeptor verfügt. Wie das lebende System sein Bedürfnis definiert, indem es einen Resorber kreiert, definiert es ein Signal, indem es einen Rezeptor kreiert und diesen mit dem System der Bewegungssteuerung verbindet. Nur wenn ein definiertes Signal die Fernwirkung eines Gegenstands ist, ist eine erfolgreiche Tätigkeit möglich. Nur solche Verbindungen bleiben erhalten.

Der entscheidende Schritt, der mit der Herausbildung der signalgesteuerten Kinese erfolgt, ist die informationelle Trennung von Stoffwechsel und Bewegung (Abbildung 24). Der Stoffwechsel stellt über die Dissimilation mit den Adenosinphosphaten nur noch die zum Vollzug der einzelnen Lebensfunktionen erforderliche Energie bereit. Informationen werden dabei nicht mehr übertragen. Die Häufigkeit der Phosphorylierungsvorgänge hat keinen Einfluss mehr auf die Steuerung der Bewegung.

Die Signale haben auch keine unmittelbare Funktion im Stoffwechsel, sie werden in keiner Weise in diesen einbezogen. Sie werden nicht in das System überführt. Sie verursachen nur Konformationsänderungen der Rezeptormoleküle, die nun als interne Nachrichten in die Steuerung einbezogen werden.

Die Signalfunktion einer Fernwirkung kann also nicht aus deren stofflicher oder energetischer Beschaffenheit resultieren, denn sie steht mit der Nahrungsaufnahme in keiner unmittelbaren auf der Objektebene bestehenden Beziehung. Die Signalfunktion wird einer Fernwirkung durch das Subjekt ebenso zugeordnet wie die Nachrichtenfunktion einer Konformationsänderung. Auf diese Weise wird dem Signal auch seine semantische Information zugeordnet. Sie geht nicht aus den chemischen oder

physikalischen Eigenschaften seines Trägers hervor, sondern ist eine autonome Leistung des Subjekts.

Mit dem Übergang zur signalgesteuerten Bewegung löst sich auf der Objektebene die Steuerung der Bewegung von der Nahrungsaufnahme und wird zur eigenständigen Aktion des Organismus. Die Analyse der Beziehungen zwischen Nahrungsaufnahme und Bewegung und deren Steuerung muss folglich die Objektebene verlassen, denn auf dieser gibt es keine Beziehungen zwischen diesen beiden Aktionssystemen des Organismus. Ihre Beziehungen können erst auf der Prädikatenebene erfasst werden.

Natürlich muss auch die Steuerung so ablaufen, dass sie den Stoffwechsel des lebenden Systems gewährleistet. Diese Gewährleistung erfolgt jedoch nicht mehr wie bei der ursprünglichen Kinese über den Stoffwechsel selbst, nicht mehr auf der Objektebene.

Die Verbindung zwischen Nahrungsaufnahme und Steuerung der Bewegung besteht nicht **im** lebenden System, sondern außerhalb des Systems. Die lebenserhaltende Verbindung dieser beiden Funktionen des Organismus ist dadurch gewährleistet, dass es native, feste Verbindungen zwischen den großen Nahrungsteilchen und ihren Fernwirkungen, den Signalen gibt. Die Signale sind Prädikate der Gegenstände. Da „Gegenstand“ selbst ein Prädikat ist, sind Signale Prädikate 2. Stufe, Prädikatenprädikate.

Gegenstand wird eine Umweltentität durch das Bedürfnis des lebenden Systems, das dadurch zum Subjekt dieses Gegenstandes wird. Erst durch das Setzen einer bestimmten Umweltentität als Gegenstand des Bedürfnisses werden die Fernwirkungen des Gegenstandes zu Signalen für das Subjekt. Erst wenn das lebende System als Subjekt gesehen wird, kann die lebenserhaltende Wirkung der Steuerung der Bewegung durch Signale verstanden und begrifflich erfasst werden.

Signale können so auch präzise von Nachrichten unterschieden werden. Signale sind Prädikate systemfremder, externer Entitäten, Nachrichten sind Prädikate systemeigener, interner Entitäten. **Sinnesnachrichten** werden von einem Rezeptor zum Steuerzentrum, **Kommandonachrichten** vom Steuerzentrum zum Effektor übertragen

Dieses Niveau der Steuerung der Bewegung ist beispielsweise bei den rezenten Bakterien erreicht. Gut verstanden und als Lehrbuchbeispiel bekannt ist die Chemotaxis

des Darmbakteriums *Escherichia coli*. Nachdem die Annäherung an einen polymeren Partikel vollzogen ist, kann über Exoenzyme dessen Abbau eingeleitet werden.

Es ist auch denkbar, dass dieses Niveau der Tätigkeit bereits vor der Entstehung autotropher Systeme entsteht, indem andere heterotrophe Systeme als Nahrung identifiziert werden („Kannibalismus“). Zum Auslesevorteil wird dieses Organisationsniveau jedoch erst, wenn der Vorrat an ursprünglichen monomeren abiogenen Ressourcen verbraucht ist und durch die Fotosynthese eine erneuerbare Ressource ständig verfügbar wird.

Diese Konstellation ist nun die Basis für weitere Entwicklungen. So können die Lebewesen immer neue Typen von Rezeptoren hervorbringen, die immer neue externe Signale rezipieren können. Sie können unter Nutzung der vorhandenen Verbindungen zur Steuerung der Bewegung beitragen. So entsteht ein **Steuerzentrum**. Die empirische Realisierung eines solchen Zentrums muss nicht in der Herausbildung einer zentralen anatomisch abgegrenzten Komponente bestehen, sondern kann wie bei *Escherichia coli* durch eine Substanz²³ erfolgen, die in geeigneter Molekülzahl im System verteilt ist.

*

Mit dem Übergang zu den Begriffen und Termini der Informationstheorie ist wieder eine „Gödel’sche Diskontinuität“ (s. S. 53!) eingetreten. Eine interessante Metapher zur Illustration des Gödel’schen Unvollständigkeitssatzes entwickelt Hofstadter, indem er darlegt, dass es zu jeder Schallplatte auch einen Plattenspieler geben muss, den dieser nicht abspielen kann. Daraus konstruiert er eine ideelle Musikbox, die nur *eine Schallplatte* aber eine Anzahl von *Plattenspielern* enthält. Bau und Funktion des jeweiligen Plattenspielers bestimmen nun, welche Melodie mit der einen Schallplatte erklingt. (vgl. Hofstadter 1991, S. 165ff.) Die Anzahl der Melodien entspricht also der Anzahl der vorhandenen Plattenspieler. Die

23 Die Prozesse der molekularen Signaltransduktion sind aktueller Forschungsgegenstand. So sind bestimmte chemische Kinetiken bei dem Bakterium *Escherichia coli* molekulargenetisch vollständig aufgeklärt, welche schon auf dem Niveau der Sensor- Methylierung / Demethylierung perfekte Adaptation der Bewegung an Substanzen in der Umwelt gewährleisten.

Interpretation der Information der Schallplatte ist also eine autonome Leistung des Plattenspielers.

Die Menge der Lebewesen entspricht in diesem Bild der Menge der Plattenspieler, die einer gegebenen Fernwirkung einer Entität eine subjektive Information zuweisen. Ich nenne diese Leistung der lebenden Individuen „autonome Interpretation“. Die Umwandlung chemischer Vorgänge in Nachrichten und die Umwandlung neutraler Fernwirkungen in Signale erfolgt durch autonome Interpretation:

4.6 Information wird Bedürfnis

Die Kategorie Bedürfnis entsteht, wenn das aus biotischer und abiotischer Phase bestehende thermodynamische System „Urozean“ den kritischen Punkt erreicht, bei seiner weiteren Existenz nur möglich wird, indem die Tätigkeit als neuer Form der thermodynamischen Wechselwirkung entsteht. Mit dem Verbrauch der monomeren Energieträger kommt es wieder zu einem kritischen Punkt, der nur überwunden werden kann, wenn die lebenden Systeme die Fähigkeit erwerben, ihre Tätigkeit kinetisch zu steuern. Das erfolgt durch die Definition von Signalen durch die Kreation von Rezeptoren und die informationelle Trennung der Steuerung der Bewegung durch Signale von der Befriedigung der stofflich-energetischen Bedürfnisse.

Mit dieser Entwicklung bringen die lebenden Systeme ein neues Bedürfnis hervor, das *Bedürfnis nach Information*. Da die Effektoren fest an die Kommandos eines Steuerzentrums gebunden sind, verursacht ein Kommandoausfall eine Störung im Effektor, und wenn die Kommandos von Sinnesnachrichten abhängen, führt auch deren Ausfall zu einer Störung der Funktion der Effektoren. Das Subjekt braucht zu seiner Erhaltung nicht mehr nur Gegenstände, sondern darüber hinaus Signale, durch die es seine Bewegung steuern kann. Die Signale sind so zu einer neuen bedürfnisschaffenden Entität geworden. Damit ist die Umwelt der lebenden Systeme um neue biogene Entitäten bereichert worden.

Auf der Objektebene ist dieses Bedürfnis in den Rezeptoreiweißen und den Fernwirkungen des Gegenstandes manifest. Ohne diese Fernwirkungen kann das Subjekt seine Bewegung nicht steuern und folglich auch nicht sein stofflich-energetisches Bedürfnis befriedigen. Das Subjekt definiert sein stofflich-energetisches Bedürfnis über den Resorber, das informationelle Bedürfnis über den Rezeptor.

Mit der Entstehung dieses neuen **informationellen Bedürfnisses**, entstehen auch neue Aktionen zur Befriedigung dieses Bedürfnisses. Das Subjekt führt also zwei auf denselben Gegenstand gerichtete unterschiedliche Aktionen aus: stofflich-energetische und die informationelle Aktionen. Beide Aktionen sind Aktionen ein und desselben Subjekts, denn beide sind auf denselben Gegenstand als Gegenstand des Bedürfnisses gerichtet.

Die Trennung von stofflich-energetischen und informationellen Aktionen ist genau auf der Objektebene, auf der Ebene der physiologischen Prozesse gegeben. Auf der Objektebene gibt es keine informationelle Verbindung von Metabolismus und informationeller Tätigkeit. Diese Beziehung kann nur über den Begriff des Subjekts auf der Prädikatenebene aufgedeckt und verstanden werden.

Auf der Ebene der Prädikate erweisen sich beide Prozesse als zwei verschiedene Aktionen *eines* Subjekts, die auf *einen* Gegenstand gerichtet sind. Auf dieser Ebene werden beide Komponenten zu Komponenten einer einheitlichen Tätigkeit.²⁴

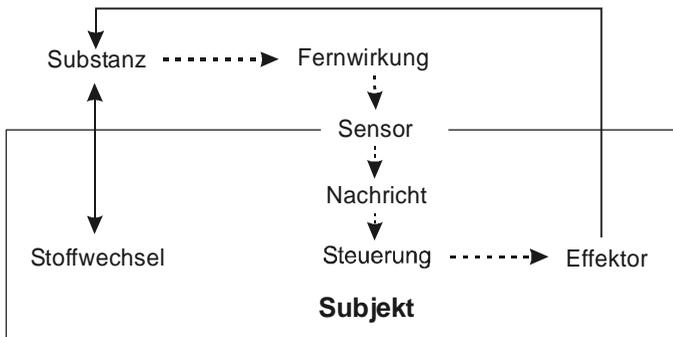


Abbildung 25: Stofflich-energetische (ausgezogene Linie) und informationelle (gestrichelte Linie) Komponente der Tätigkeit (punktiert gestrichelt: aktive Membran)

Die Beachtung dieses Zusammenhangs ermöglicht auch eine klare Fassung des **Informationsbegriffs**. Der nachrichtentechnische und kybernetische Informationsbegriff fasst Information nur als Prädikat der Beziehung Sender-Empfänger, die Kategorien „Subjekt“, „Bedürfnis“ oder

²⁴ Die Herausbildung der informationellen Tätigkeit als eigenständiger Tätigkeit mit eigenem Gegenstand findet erst auf einer späteren Entwicklungsstufe statt.

„Tätigkeit“ sind keine Kategorien der traditionellen Nachrichtentheorie oder Kybernetik.

Diese Kategorien werden in einem häufig postulierten „semantischen Informationsbegriff“ erfasst, der jedoch nur in Bezug auf den Menschen gebildet wird und die Information nur in ihrer entwickelten Form abbildet. Vor allem umgangssprachlich wird der Terminus „Information“ auch auf andere Lebewesen übertragen. Er wird dabei auch als „genetische Information“ auf die Beschreibung der Funktion der DNA angewandt. Die Einbeziehung der genetischen Steuerung des Stoffwechsels in die Darstellung des Modells des lebenden Systems macht die Besonderheit der genetischen Information deutlich. Diese soll hier jedoch nicht weiter dargestellt werden.

An dieser Stelle der Analyse geht es um die Erscheinung in ihrer ursprünglichen Form, aus der alle entwickelten Formen abzuleiten sind. Das wird soweit erforderlich im weiteren Fortgang der Analyse erfolgen.

Versuche, einen einheitlichen Informationsbegriff ohne Rekonstruktion der Entwicklung der darin abgebildeten Erscheinung zu entwickeln, sind bisher gescheitert. Eine umfassende Darstellung des aktuellen Standes findet man bei Capurro (2000). Hier wird deutlich, dass in der Regel versucht wird, Information auf der Objektebene zu definieren. Am charakteristischsten wird das in der Auffassung, Information sei ein Drittes neben Stoff und Energie. Die bisherige Analyse hat aber gezeigt, dass Information als Prädikat 2. Stufe, als Prädikatenprädikat angesehen werden muss. Vereinfacht könnte man feststellen, dass der Informationsbegriff die Invariante aller Signaltransformationen einer Wirkungskette abbildet.

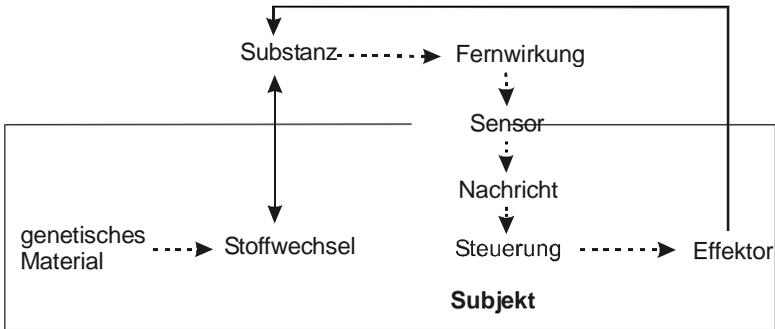


Abbildung 26: Die Steuerung des Stoffwechsels durch das genetische Material (→ stoffliche, ···→ informationelle Beziehung)

Der semantische Informationsbegriff bildet so die Funktion der Signale und Nachrichten für die Erhaltung des lebenden Systems ab. Die **semantische Information** wird dem Signal oder der Nachricht vom Subjekt zugewiesen und geht aus keinem Prädikat seines Trägers hervor und kann deshalb auch nicht aus diesem abgeleitet werden.

Logische Stufe	Begriff		
Prädikatenprädikate		Information	Nachricht, Signal
Prädikate 1. Stufe	Subjekt	Gegenstand	Konformationsänderung, Fernwirkung (Träger von Nachrichten oder Signalen)
Objektebene	Lebendes System	Umweltentität	Systemeigene Entität, Umweltentität

Tabelle 1: Logische Stufen ausgewählter Begriffe

In dem fehlenden Verständnis für diese unterschiedlichen begrifflichen Ebenen wurzelt auch der Streit um den Behaviorismus in den Verhaltenswissenschaften. Die Behavioristen sehen nur die Reaktionskette auf der Objektebene. Es ist die aus dem lebenden System herausgelöste informationelle Reaktionskette Rezeptor->Effektor ohne ihre Beziehungen zu den Bedürfnissen des Systems.

Nachdem das bedürftige Subjekt aus dem Begriff entfernt wurde ist auch keines mehr zu erkennen. Aber auch die Ethologen versuchen das Verhalten auf der Objektebene zu beschreiben und finden deshalb auch hier nicht das, was sie suchen: das autonome Subjekt. Subjekt wird das lebende System durch sein Bedürfnis. In diesem Zusammenhang kann nur die **operationale Information** der Nachrichten erfasst werden. Mit diesem Informationsbegriff kann nur der operationale Aspekt der Steuerung erfasst werden, nicht aber dessen biotische Funktion. Ich komme im Zusammenhang mit dem Reflexbegriff ausführlicher auf den Verhaltensbegriff zurück.

Die hier dargestellte Trennung von Stoffwechsel und Steuerung ist auch von großer Bedeutung für die später zu rekonstruierende Entwicklung des Psychischen. Wie zu zeigen sein wird, setzt sie sich in der Gestaltung des Verhältnisses von Physischem und Psychischem fort, ist gewissermaßen das Initialereignis für die Entstehung der von Lorenz diskutierten „psycho-physischen Grenzscheide“. Sie bietet auch einen neuen Zugang für die Lösung des vor allem in der Psychologie diskutierten Problems der Beziehungen zwischen Psychischem und Neurophysiologischem (auch als „Leib-Seele-Problem bekannt). Auf diesen Zusammenhang wird an anderer Stelle genauer eingegangen.

Die Autonomie der Definition von Nachrichten und Signalen macht deutlich, dass lebende Systeme auch informationell geschlossene Systeme sind. Sie nehmen keine Information aus der Umgebung auf, sondern *erzeugen* sie im Prozess der Bewertung ihrer Tätigkeit. Auch der Prozess der Erzeugung von Information ist durch die Ausstattung der Membran bedingt. Die Rezeptoren sind die Komponenten, mit denen das Subjekt bestimmte Fernwirkungen als Signal definiert.

5 Die Entwicklung der synökologischen Ausstattung der Individuen

Die ursprüngliche Differenzierung der biotischen Phase in Autotrophe und Heterotrophe konnte auf der Grundlage der bisher rekonstruierten Ausstattung der lebenden Individuen erfolgen. Die in ökologische Systeme gegliederte Biosphäre entstand als Folge der reflexiven *autökologischen* Tätigkeit der Lebewesen, durch die sie sich selbst erhielten und dabei neue Bedingungen für ihre Tätigkeiten hervorbrachten. Nach ihrer Entstehung kann sich die Biosphäre jedoch nur erhalten, wenn die Individuen neue *synökologische* funktionelle Komponenten hervorbringen. Das wurde bereits an anderer Stelle als Beispiel angedeutet (s. S. 75!). Diese Entwicklung soll nun im Zusammenhang dargestellt werden, wobei auf eine explizite Rekonstruktion der einzelnen Komponenten verzichtet werden.

5.1 Ursprüngliche Formen von Wachstum und Vermehrung

Die Herausbildung und Erhaltung des trophischen Gleichgewichts erfordert Individuen, die über die Fähigkeit verfügen, sich zu vermehren. Auch die Entwicklung dieser Fähigkeit erfolgte schrittweise eingebettet in den Prozess der Biogenese und abhängig von den Erfordernissen und Möglichkeiten der jeweiligen Etappe der Herausbildung des Lebens.

In den frühen Etappen der Biogenese führte die Annäherung der konzentrierten Phase an das Gleichgewicht nur zu einer Verminderung der Individuenanzahl und dem Konstrukt des „Ein-Individuum- Stadiums“. Dieses Konstrukt erfordert nicht, dass die Biogenese tatsächlich ein Stadium durchläuft. Es lässt nur die Annahme zu, dass die kreativen Leistungen, die das Überwinden der jeweiligen kritischen Situation ermöglichten, nur bei einem Individuum erfolgen muss (vgl. auch S. 48!).

Die Kreativität der Bläschen erfordert auch die Aufnahme von Substanz aus der Umwelt und deren Einbau in ihr internes Milieu. Kreativität erfordert also Wachstum. Einfaches Wachstum war bereits in der präbiotischen Etappe der Biogenese möglich, in der die Aufnahme von Substanz passiv infolge von Diffusion erfolgt. Die Limitierung der Bläschengröße führt dazu, dass große Bläschen zerfallen, wobei auch Teile entstehen können, die ebenfalls stabile Bläschen waren, so dass sich die Anzahl der stabilen Bläschen vermehren konnte. Zum Ablauf dieser noch

präbiotischen Formen von **Wachstum** und **Vermehrung** sind jedoch keine speziellen funktionellen Komponenten erforderlich. Sie sind native Eigenschaften von konzentrierten Bläschen, die beispielsweise auch bei experimentell simulierten Koazervaten auftreten. Die Geschwindigkeit dieser Prozesse hängt vom Diffusionsgradienten ab und geht mit der Annäherung an die kritische Situation gegen Null.

Eine neue Qualität erreichen diese Prozesse bei den ursprünglichen lebenden Systemen, die Substanzen aktiv gegen den Diffusionsgradienten aus der Umwelt aufnehmen. Nun wird die Geschwindigkeit von Wachstum und Vermehrung zu einer aktiven Leistung des Subjekts, die von seiner funktionellen Ausstattung bestimmt wird.

Solange die Biogenese jedoch unter den Bedingungen des Urozeans erfolgt, führt die Vermehrung der Individuenanzahl jedoch dazu, dass die abiogenen Ressourcen schneller verbraucht werden und der kritische Zustand schneller erreicht wird. Wachsende und sich vermehrende lebende Systeme gefährden also die Existenz der biotischen Phase des Urozeans.

Erst mit der Differenzierung der biotischen Phase beim Übergang zur Biosphäre werden die Verhältnisse anders. Nun führt der Verbrauch der autotrophen Biomasse durch die Heterotrophen zu einer Erhöhung der Ressourcen der Autotrophen (s. Abbildung 13!).

Die kritische Situation wird unter diesen Bedingungen durch die Individuenanzahl bestimmt. Entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht wächst die Individuenanzahl bis zu einem kritischen Wert. Dieser kritische Wert ist das in einer gegebenen Umwelt erreichbare Maximum an Individuen. In dieser harmonischen Situation werden genau soviel Ressourcen verbraucht, wie neu gebildet werden. Dieser Zustand ist das trophische Gleichgewicht. *Das trophische Gleichgewicht ist also die kritische Situation des thermodynamischen Ungleichgewichts.*

Wird das Maximum der Individuenanzahl überschritten, verlässt die Biosphäre das harmonische trophische Gleichgewicht und nähert sich dem thermodynamischen Gleichgewicht, das mit dem Zerfall der biotischen Phase erreicht wird.

In dieser kritischen Situation kommt es zur Selektion. In der Biosphäre wird deshalb auch die Selektion zu einem ständig ablaufender Prozess. Da es infolge der Kreativität der lebenden Systeme auch zur Herausbildung besser geeigneter Systeme kommt, führen Kreativität und Selektion unter den Bedingungen

der Biosphäre zur **Optimierung** der Angehörigen der einzelnen überindividuellen Systeme.

Die Biosphäre kann sich also nur erhalten, wenn sie in dieser thermodynamisch kritischen Situation verbleibt. Dieser Zustand erfordert jedoch die Erhaltung der Individuen beider trophischer Systeme, der Autotrophen *und* der Heterotrophen. Zugleich erfordert die Erhaltung dieses Zustands, dass die autotrophen Systeme ständig dadurch zerstört werden, dass sie den heterotrophen Systemen als Nahrung dienen. Unter diesen Bedingungen erhält die ständige Reproduktion der Autotrophen eine besondere Bedeutung. Sie wird zur Bedingung der Erhaltung der differenzierten biotischen Phase. Die zur Biosphäre gewordene biotische Phase kann sich nur erhalten, wenn ihre autotrophe Phase aus sich stetig reproduzierenden Elementen besteht.

Damit entsteht eine neue Anforderung an die funktionelle Minimalausstattung der autotrophen Elemente der Biosphäre, welche die stetige Reproduktion der Individuen gewährleistet. Infolge der Dynamik des trophischen Gleichgewichts kommt es auch bei den einzelnen trophischen Phasen zu Schwankungen der Individuenanzahl. Eine abnehmende Anzahl autotropher Individuen hat den Zerfall heterotropher Individuen zur Folge. Die dieser Entwicklung folgende Erhöhung der Anzahl Autotropher kann nur innerhalb der das trophische Gleichgewicht limitierenden Grenzen gehalten werden, wenn sich auch die Anzahl heterotropher wieder erhöht. Deshalb muss auch die heterotrophe Phase mit der Fähigkeit zu stetiger Reproduktion seiner Elemente ausgestattet werden.

Die bisher entstandenen ursprünglichen Formen von Wachstum und Vermehrung sind native Leistungen der lebenden Systeme, die keine besondere funktionelle Ausstattung erfordert. Sie wachsen, indem die aufgenommenen Stoffe infolge der reaktionskinetischen Bedingungen des internen Milieus in dieses integriert werden. Sie vermehren sich, weil die aus diesem Wachstum folgende Vergrößerung ihres Volumens die durch die Membran limitierte Größe überschreitet. Sie zerfallen in Teile, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit wieder lebende Systeme sind. Die Erhaltung der biotischen Phase ist auf diesem Wege möglich und wahrscheinlich, nicht aber gewährleistet. Es müssen also nun funktionelle Komponenten entwickelt werden, welche *gewährleisten*, dass bei dem durch das Wachstum bedingten Zerfall wieder lebende Systeme entstehen.

5.2 Biotisches Wachstum und Fortpflanzung

Auf der Ebene des individuellen Seins geht die Vermehrung aus dem Wachstum hervor. Die Vermehrung wird durch das Wachstum ermöglicht und initiiert. Bei einer gewissen Größe erreicht das lebende System einen Gleichgewichtszustand, es ist erwachsen und zerfällt.

Die enzymatische Wirkungsweise der Eiweiße ermöglicht es nun, dass die lebenden Systeme Enzyme kreieren, die andere Eiweiße synthetisieren. Damit wird die Struktur der im lebenden System gebildeten Eiweiße nicht mehr zufällig von den reaktionskinetischen Gesetzen des internen Milieus bestimmt, sondern von der Wirkungsweise der synthetisierenden Enzyme. Wachstum wird so zu einem Prozess, in dem das lebende System die Erzeugung seiner Komponenten vielfach wiederholt. Diese Wiederholung wird durch die Wirkungsweise von Enzymen gewährleistet, welche die Bildung neuer Komponenten des lebenden Systems katalysieren.

Wenn solche Systeme nun zerfallen, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die entstehenden Tochtersysteme auch diese Enzyme erhalten. Solche Tochtersysteme produzieren beim Wachstum dieselben Eiweiße, die auch vom Muttersystem erzeugt wurden. Vorfahren und Nachkommen sind also lebende Systeme gleicher Struktur.

Strukturen sind Prädikate ihrer substanziellen Substrate. Sie existieren nicht außerhalb und unabhängig von diesen, sondern nur als Strukturen *der* Substrate. Sie werden übertragen, indem die Trägersubstrate übertragen werden. Dieser Prozess ist die ursprüngliche Form der **Vererbung**. Vermehrung, die mit Vererbung verbunden ist, nenne ich „**Fortpflanzung**“.

Durch die Fortpflanzung erhalten sich zwar nicht die individuellen Systeme, sie erzeugen aber Klassen von ähnlichen lebenden Systemen, deren Existenz nicht auf der Fortdauer ihrer substanziellen Substrate beruht, sondern auf der Fortdauer der Struktur²⁵ der substanziellen Kompartimente der biotischen Phase. Die Fortdauer der Struktur wird durch die enzymatische Synthese der Kompartimente unter der Bedingung gewährleistet,

²⁵ In der Mathematik heißt (oder trägt) eine Menge, zwischen deren Elementen Verknüpfungen erklärt sind oder Relationen bestehen, eine Struktur. Zwei Mengen, zwischen deren Elementen die gleichen Relationen bestehen, tragen die gleiche Struktur.

dass die **Nachkommen** mindestens je ein Enzymmolekül ihrer **Vorfahren** erhalten.

Die Erscheinung der **Vererbung**, d. h. der Tatsache, dass die Nachkommen ihren Vorfahren gleichen, ist wiederum eine native Eigenschaft der Fortpflanzung, die ebenfalls auf den iterativen Wachstumsprozessen beruht und zunächst keine Eigenständigkeit besitzt. Die ursprüngliche Identität zwischen Vorfahren und Nachkommen ist unmittelbare Folge des Fortpflanzungsprozesses, sind doch die Nachkommen aus eben denselben Kompartimenten gebildet, aus denen auch die Vorfahren bestanden. Sie liegen nach der Fortpflanzung nur in anderer Verteilung vor. *Im Ergebnis der Fortpflanzung entstehen so Mengen identischer lebender Systeme*, die bei den rezenten Organismen „**Klone**“²⁶ und „**Arten**“²⁷ bilden. Zum Auslesevorteil wird auch Vererbung erst auf der überindividuellen Ebene. Die einzelnen ökologischen Phasen erhalten sich nur, wenn die sie bildenden Individuen identische Nachkommen reproduzieren.

Die biotische Phase des Urozeans erhält sich also durch die Fortpflanzung der lebenden Systeme, indem diese Nachkommen hervorbringen, welche die gleiche Struktur besitzen wie ihre Vorfahren. Natürlich kann es zwischen den durch Fortpflanzung auseinander hervorgegangenen Kompartimenten der biotischen Phase individuelle Unterschiede geben. Diese Unterschiede sind aber nicht systemischer Natur, sondern in Bezug auf den Prozess der Fortpflanzung zufällig. Deshalb ist die theoretische Idealisierung zur „Gleichheit der Struktur“ zulässig und trifft das Wesen dieses Prozesses.

Zu individueller Fortpflanzung kann es als zufällige Folge des Wachstums also auf verschiedenen Entwicklungsstufen des Lebens kommen. Als funktionelle Komponente gehört Wachstum erst dann zur notwendigen Minimalausstattung, wenn es zur Entstehung der Biosphäre kommt. Erst dann wird die Fortpflanzungsfähigkeit zum Auslesevorteil, und zwar zum Auslesevorteil für die ökologische Phase, nicht für das Individuum.

Das biotische Wachstum lebender Systeme erfordert also als Minimalausstattung nur das Vorhandensein von Enzymen. Die

²⁶ Klon: die aus nur einem Vorfahren („Elter“) durch ungeschlechtliche Fortpflanzung entstandene erbgleiche Nachkommenschaft.

²⁷ Arten werden hier als Gesamtheit aller Individuen verstanden, die durch geschlechtliche Fortpflanzung auseinander hervorgehen und in allen wesentlichen Merkmalen untereinander und mit ihren Nachkommen übereinstimmen.

spezifische Wirkungsweise der Enzyme gewährleistet, dass in einem bestimmten Substrat immer wieder gleiche Reaktionsprodukte entstehen. Der von den Enzymen katalysierte Prozess wird also immer aufs neue in gleicher Weise wiederholt. Dieser Vorgang muss ursprünglich nicht notwendig an die Existenz von RNA/DNA gebunden sein, auch wenn das heute so ist. Als Minimalausstattung hypothetischer ursprünglicher lebender Systeme ist nur das die Biosynthese des Eiweißes steuernde Enzym erforderlich. Die Annahme solch ursprünglicher Formen als ausgestorbenes hypothetisches missing link ist jedoch theoretisch erforderlich. Die von Eigen postulierten Hyperzyklen könnten als theoretische Modelle solcher Prozesse angesehen werden.

Mathematisch wird ein solcher Prozess der Wiederholung eines Algorithmus als „Iteration“ modelliert. Durch Iteration entstehen Fraktale, beliebig große Mengen gleichartiger Komponenten. Solche Prozesse sind Gegenstand der Thermodynamik irreversibler Prozesse, die weitab von einem thermodynamischen Gleichgewicht ablaufen. Ein solcher Zustand wurde nun für die biotische Phase des thermodynamischen Gleichgewichts im Urozean postuliert. Diesem Gedanken soll hier nicht weiter gefolgt werden, es genügt der Hinweis, dass das hier entwickelte theoretische Konstrukt mit den theoretischen Erörterungen irreversibler thermodynamischer Prozesse verträglich ist.

Durch Iteration der Biosynthese der Eiweiße müssen also auch fraktalähnliche Strukturen entstehen. Wenn ein solches System infolge der eben durch die iterative Eiweißsynthese entstehenden Volumenzunahme zerfällt, können die Zerfallsprodukte diese Synthese fortsetzen, wenn sie folgende Bedingungen erfüllen:

- Sie enthalten einen repräsentativen Teil des Substrats.
- Sie enthalten alle erforderlichen Enzyme.

Prozesse dieser Art sind auch bei der experimentellen Simulation der Entstehung von präzellularen Bläschen beobachtet worden. So schreibt Kandler bei der Darstellung der Bildung von Mikrosphären durch Abkühlung konzentrierter Lösungen von sauren und basischen Proteinoiden, dass die einige Mikrometer großen kugeligen Mikrosphären eine elektronenmikroskopisch sichtbare permeable Hülle besitzen, sich unter Aufnahme weiterer Proteinoide aus der Außenlösung vergrößern können und unter Knospung sogar vermehren. Die Konzentrierung der mit

schwachen katalytischen Fähigkeiten ausgestatteten Proteinoide in den Mikrosphären ermöglicht die Kondensation zu einfachen Reaktionsfolgen. Fox (1980) bezeichnete daher die komplexesten Stadien der experimentell erzeugten Mikrosphären bereits als Protozellen....“ (vgl. beispielsweise Kandler (1987) S. 100!)

Auch Maturana & Varela diskutieren die Frage, welche Anforderungen Systeme erfüllen müssen, die zur Fortpflanzung befähigt sind. Sie führen aus, dass die „Organisation“²⁸ solcher Systeme in verteilter und nicht kompartimentierter (abgeteilter) Weise verwirklicht sein muss. Nur dann kann der Teilungsvorgang Fragmente abtrennen, die unabhängig voneinander dieselbe ursprüngliche Organisation verwirklichten (Maturana & Varela 1984, S. 53ff!).

Fortpflanzung gewährleistet also die Erhaltung der zur Biosphäre differenzierten biotischen Phase. Die dazu erforderliche funktionelle Komponente ist die das Wachstum ausmachende enzymatische Synthese der Eiweiße. Mit dieser Entwicklung kommt es als nativer Folge der Entwicklung des Wachstums zur Vererbung, die bei den rezenten Organismen die spezifische Funktion spezieller Komponenten ist. Ihre Herausbildung wird im folgenden Abschnitt theoretisch rekonstruiert.

5.3 Die Herausbildung genetischer Strukturen

Mit der Entwicklung der lebenden Systeme wird die Anzahl der beim Wachstum zu erzeugenden Eiweiße und damit auch die Menge der für ihre Biosynthese erforderlichen Enzyme immer größer. Auch die Menge der Enzyme, die diese Enzyme erzeugen, muss immer größer werden, so dass die Struktur der lebenden Systeme immer komplexer wird. Damit aber sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer zufälligen Verteilung der lebenden Substanz auf die bei der Fortpflanzung entstehenden Tochtersysteme immer alle die Kompartimente erhalten, die zur Erhaltung der Struktur erforderlich sind. Es müssen immer mehr nicht lebensfähige Nachkommen entstehen.

²⁸ „Unter *Organisation* sind die Relationen zu verstehen, die zwischen den Bestandteilen von etwas gegeben sein müssen, damit es als Mitglied einer bestimmten Klasse erkannt wird. Unter der *Struktur* von etwas werden die Bestandteile und die Relationen verstanden, die in konkreter Weise eine bestimmte Einheit konstituieren und ihre Organisation verwirklichen.“ Maturana und Varela (1984), S. 54

Solange die Funktionseiwieße unmittelbar durch Enzyme synthetisiert werden, ist für jedes Funktionseweiß infolge ihrer spezifischen Wirkungsweise ein spezifisches Enzym erforderlich. Mit der Zunahme der Anzahl der Funktionseiwieße erhalten Systeme einen Evolutionsvorteil, die mit *einer* funktionellen Komponente *viele* verschiedene Eiweiße synthetisieren könnten. Es muss also ein „multifunktionelles Enzym“ entstehen, das beliebige Funktions- und Enzymeiwieße erzeugen kann. In den rezenten Zellen ist diese Komponente das **Ribosom**.

Unter diesen Bedingungen erhalten diejenigen Systeme einen Auslesevorteil, die über Einrichtungen verfügen, bei denen die Vererbung nicht mehr zufällig erfolgt, sondern durch dazu besonders geeignete Moleküle gewährleistet werden kann. Damit erwerben die lebenden Systeme die Fähigkeit, ihre Struktur *eigenständig* zu vererben. In dieser eigenständigen Form nenne ich die Struktur „**genetische Struktur**“ und ihr Substrat „**genetisches Material**“. Bei den heutigen Lebewesen wird das genetische Material von den Nucleinsäuren RNA und DNA gebildet.

Bei den ursprünglichen lebenden Systemen sind die Strukturen Prädikate der biokatalytischen Eiweißsynthese, ähnlich wie die Fraktale Prädikate der ablaufenden Algorithmen sind. Bei diesen leben Systemen existieren die Strukturen nicht außerhalb und unabhängig von diesen Prozessen. Die Nucleinsäuren sind Moleküle, die ebenfalls eine spezifische biotische Funktion besitzen. Ihre Funktion ist es, *Träger der Information über die Struktur* des lebenden Systems zu sein. In den Nucleinsäuren gewinnt die Struktur des lebenden Systems eine eigenständige Existenz, außerhalb und unabhängig von den Prozessen des Lebens.

In den ursprünglichen lebenden Systemen liegt die Struktur in Form der Enzyme vor, welche die Synthese der Funktionsträger (Resorber, Exkretoren usw.) katalysieren. Einen gewissen Stoff – und Energievorrat vorausgesetzt, kann ein System sich allein aus seinen die Eiweißsynthese katalysierenden Enzymen reproduzieren. Diese Enzyme besitzen also in ihrer Fähigkeit Funktionseiwieße zu produzieren auch die Fähigkeit, die Struktur des Systems zu reproduzieren. Sie sind also auch Träger der Struktur des lebenden Systems. Die Weitergabe der Enzyme an die Nachkommen gewährleistet auch die Reproduktion der Struktur.

Damit diese theoretisch erforderliche Komponente ihre Funktion erfüllen kann muss sie steuerbar sein. Die Steuerung der Eiweißsynthese ist insofern relativ einfach, als die Spezifik der Eiweiße sich allein aus der Reihenfolge ergibt, in der ihre Bausteine, die Aminosäuren aneinandergesetzt werden müssen. Zur Steuerung der Eiweißsynthese ist also nur ein kettenförmiges Molekül erforderlich, das die Folge von chemischen Reaktionen im Ribosom steuert, in deren Folge wiederum eine Kette von Aminosäuren entsteht, deren Reihenfolge der Aufeinanderfolge der Bausteine des steuernden Kettenmoleküls entspricht.

Diese Anforderung erfüllt die chemische Struktur von RNA und DNA. Eiweißmolekül und DNA bzw. RNA haben die gleiche lineare Struktur wie Eiweißmoleküle, auch wenn sie von verschiedener morphologischer *Gestalt* sind. Die Struktur ist gleiches Prädikat verschiedener Substrate. Zur Abbildung der Beziehung zwischen Entitäten, bei denen die gleiche Struktur in unterschiedlichen Substraten vorliegen, eignet sich der Begriff des Modells. Die DNA ist ein **genetisches Modell** von Eiweißmolekülen.

Heute wird die Funktionen der DNA und RNA gewöhnlich mit den Termini der Informationstheorie beschrieben. Die Nucleinsäuren werden als Träger von Information aufgefasst. Im ersten Teil der Rekonstruktion wurde die Information als Prädikat bestimmter Moleküle, der Nachrichtenelemente definiert (s. S.99ff!). Die semantische Information wird ihren Trägermolekülen durch das Subjekt zugeschrieben. Sie ist eine autonome Leistung des Subjekts, die aus der Tätigkeit resultiert. Information ist Information über den Grad der Befriedigung des Bedürfnisses in der jeweiligen Tätigkeit.

Auch die Zuschreibung von Information zu Nucleinsäuren, die **genetische Information** kann nicht anders denn als autonome Leistung des lebenden Systems gedacht werden. Ohne die Details der Biosynthese der Eiweiße zu referieren, kann dieser informationstheoretische Zusammenhang hier ebenfalls nicht im Detail dargestellt werden. Das ist für den weiteren Fortgang der Darstellung auch nicht erforderlich. Das Folgende sollte ausreichen, die Verträglichkeit dieses Ansatzes mit den aktuellen informationstheoretischen Erkenntnissen nachzuweisen und Missverständnisse möglichst zu vermeiden.

Im dem vom Subjekt herzustellenden informationellen Zusammenhang nimmt das Modell die Rolle der Fernwirkungen ein, auf deren Grundlage das Subjekt Nachrichten erzeugt, denen

es die chemischen Reaktionen des Ribosom steuert. Dadurch wird festgelegt, zwischen welchen Molekülen wann welche Reaktion stattfindet. Auf diese Weise entstehen Eiweißmoleküle, deren Struktur der des Modells gleicht.

Noch sind wesentliche Fragen ungeklärt, die die schrittweise Herausbildung der eigenständigen Existenz der Struktur in den Nukleinsäuren betreffen. Um diese Fragen geht es hier auch nicht. Hier ist von Bedeutung, dass mit den Nukleinsäuren Moleküle entstanden sind, welche die Biosynthese einer sehr großen Anzahl von Eiweißen steuern können und die unabhängig und außerhalb dieses Prozesses zu existieren vermögen. Das methodische Konzept der schrittweisen Rekonstruktion von lebensfähigen Systemen mit Auslesevorteil erfordert die hier angedeutete Abfolge der Herausbildung dieses Prozesse.

Als Übergangsform kann an die schrittweise Herausbildung von Nachrichtenträgern für einzelne Eiweißmoleküle gedacht werden, die allmählich die Vielzahl der Einzelenzyme bei der Eiweißsynthese überflüssig machen und diese durch ein einziges gesteuertes Molekül, das Ribosom ersetzen. Bei der Fortpflanzung muss nun in theoretischer Idealisierung nur noch je ein Ribosom und je ein Exemplar der Nachrichtenträger weitergegeben werden. Bis zur Vereinigung der einzelnen Nachrichtenträger zu einem einzigen kettenförmigen Molekül, das die gesamte genetisch Information der Zelle enthält, ist es dann nur noch ein Schritt.

Da RNA auch eigenständig als Enzym fungieren kann, ist die Idee der Entwicklung multifunktionaler Enzyme aus enzymatischer RNA mit den aktuellen empirischen Befunden verträglich. Die Entstehung der Eigenständigkeit der RNA als Informationsträger kann dann als Separation der RNA vom RNA- gesteuerten Enzym gedacht werden.

5.4 Reduplikation und Gentransfer

In Bezug auf das Subjekt ist die Vermehrung ein selbstzerstörender Vorgang, der als Folge des Wachstums nicht verhindert werden kann. Wachstum aber ist Folge der Tätigkeit, in der sich das Subjekt erhält. Durch die Tätigkeit bringt das Subjekt also notwendig die Bedingungen seines Zerfalls hervor. Auch mit der Erhaltung der Struktur ist Fortpflanzung Zerfall des individuellen Subjekts. Fortpflanzung erhält nur das überindividuelle System, dem das Subjekt angehört, indem das Individuum in strukturgleiche Elemente des überindividuellen

Systems zerfällt. Nur dadurch kann das überindividuelle System und damit seine ökologische Funktion in der Biosphäre erhalten bleiben.

Zunächst führt die Herausbildung genetischer Substanz die Evolution notwendig in einen neuen kritischen Zustand. Je vielfältiger die zu synthetisierenden Eiweiße werden, desto mehr verschiedene Träger für genetische Informationen sind erforderlich. Ihre zufällige Verteilung auf die Nachkommen führt dazu, dass mit zunehmender Vielfalt die Wahrscheinlichkeit steigt, dass einzelne Nachkommen nicht über alle erforderlichen genetischen Informationen verfügen. Es müssen also funktionelle Komponenten entwickelt werden, die gewährleisten, dass alle Nachfahren über die erforderliche genetische Minimalausstattung verfügen. Zur Lösung dieses Problems sind zwei Strategien denkbar.

In jedem Fall aber sind die zu entwickelnden funktionellen Komponenten zunächst darauf gerichtet, dass sich die bei der Vermehrung entstehenden Tochterysteme unter den neuen Bedingungen selbst erhalten. Es sind also individuelle Selbsterhaltungsstrategien, durch deren Realisierung auch die Erhaltung des jeweiligen ökologischen Systems gewährleistet wird.

Eine Strategie besteht darin, das genetische Material in wenigen großen Informationsträgern zu konzentrieren. Diese Entwicklung erreicht ihre Grenze, wenn die gesamte genetische Information in einem einzigen Molekül konzentriert ist. Bei den rezenten Zellen sind diese Moleküle die **Chromosomen**. Damit aber verlieren die lebenden Systeme die Möglichkeit, sich auf die bisher entwickelte Weise durch Fortpflanzung auch zu vermehren. Denn in dieser Situation könnte jeweils nur ein Nachkomme den Besitz der genetischen Information gelangen und erneut wachsen.

Zur Überwindung dieses kritischen Zustandes der biotischen Phase muss wieder eine funktionelle Komponente entwickelt werden. Die Komponente muss die Herstellung mindestens einer identischen Kopie des genetischen Materials ermöglichen. Erst nach der **Reduplikation** des genetischen Materials kann sich das System fortpflanzen, und seine Substanz so auf die Nachkommen verteilen, dass jedes Tochtersystem eine Kopie des genetischen Materials, mindestens ein Ribosom und einen gewissen Vorrat an synthetisierbarer Substanz erhält.

Die Fortpflanzung umfasst also zwei Phasen. In der ersten Phase muss durch die Reduplikation des genetischen Materials Fortpflanzungsfähigkeit hergestellt werden. Erst in der zweiten Phase erfolgt die Aufteilung der genetischen und zellulären Substanz auf die Tochtersysteme. Die Anzahl der möglichen Tochtersysteme wird durch die Anzahl der Kopien an Informationsträgern limitiert.

Mit der Herausbildung der Fähigkeit zur Reduplikation des genetischen Materials sind alle funktionellen Komponenten rekonstruiert, die relativ übereinstimmend als die allgemeinen Bestandteile der **Zelle** angesehen werden. Zellen verfügen über funktionelle Komponenten, die ihnen eine Reduplikation des Informationsträgers vor einer Zweiteilung der Zelle ermöglichen. Dieser Vorgang ist die **Mitose**, die in allen rezenten Zellen mit einem hohen Grad an Einheitlichkeit erfolgt. Das spricht dafür, dass dieser Mechanismus im Verlaufe der Evolution sehr früh und nur einmal entstanden ist.

Die andere Strategie beruht auf dem Zerfall lebender Systeme in unvollständig ausgestattete Spaltprodukte, der für diese Etappe der Evolution als notwendig zahlreich eintretendes Ereignis angenommen werden muss. Unter den Spaltprodukten muss sich auch kleineres genetisches Material befunden haben, das größeren Spaltstücken als Quelle genetischer Information zur Verfügung stand. Es musste nur eine funktionelle Komponente entwickelt werden, die zur Aufnahme solcher Entitäten geeignet ist. Sie können als Variante der bereits vorhandenen Resorber gedacht werden.

Durch die genetischen Resorber definieren die zumindest eingeschränkt lebensfähigen Spaltstücke ein neues Bedürfnis, das **Bedürfnis nach genetischer Information**. Dieses Informationsbedürfnis wird durch die Aufnahme geeigneten genetischen Materials befriedigt. Im Unterschied zur Tätigkeit, die das trophische Bedürfnis befriedigt, wird die aufgenommene Substanz nicht zerstört. Sie wird vielmehr unverändert in die Steuerung des Wachstums einbezogen. Diese Form der Tätigkeit ist jedoch nur in einer Umwelt möglich, in der es freies genetisches Material, genetisches Material außerhalb lebender Systeme gibt. Das ist nur während eines bestimmten Zeitabschnittes der Ökogenese der Fall.²⁹

²⁹ Die Existenz der rezenten Viren kann so gesehen als überdauerndes freies genetisches Material angesehen werden.

Mit der Herausbildung der Mitose verschwindet freies genetisches Material jedoch aus der Umwelt. Genetisches Material kann nur aus lebenden Systemen gewonnen werden. Das ist nur auf zwei Wegen denkbar: Die genetische Quelle wird gefressen, dann reduziert sich die Beziehung zwischen den Organismen auf das trophische Verhältnis. Der alternative Weg besteht darin, dass das andere Individuum einen Teil seines genetischen Materials mehr oder weniger freiwillig abgibt. Das ist mit der Herausbildung des Reduplikationsmechanismus möglich, ohne die Existenz des genetischen Spenders zu gefährden. Da die funktionellen Komponenten des Empfangs genetischen Materials bereits vorhanden sind, müssen nur noch Komponenten der genetischen Spende ausgebildet werden. Dieser Vorgang ist der **Gentransfer**.

Mit der Herausbildung des Gentransfers wird eine neue Beziehung zwischen lebenden Individuen realisiert, bei der ein Individuum das informationelle Bedürfnis eines anderen Individuums befriedigt. Diese Wechselwirkung wird gemäß der Festlegung auf S 71! als „**soziale Beziehung**“ bezeichnet. Sie wird in den Kapiteln „Soziogenese“ und „Anthropogenese“ genauer dargestellt.

6 Zu den Begriffen „Subjekt“ und „Zelle“

6.1 Zum Terminus „Subjekt“

Der Terminus „Subjekt“ wurde eingeführt, um die Situation der reaktiven Bläschen in einer kritischen Situation einer thermodynamischen Phase des Urozeans zu bezeichnen. Die Erhaltung der reaktiven Bläschen war gefährdet, weil die Aufnahme der zu ihrer Erhaltung erforderlichen Energieträger durch Diffusion nicht mehr möglich war. Die erforderlichen Energieträger waren zwar vorhanden, aber ihre Konzentration ermöglichte keine Diffusion. Diese Beziehung zwischen Bläschen und Umgebung wurde als „Bedürfnis“ bezeichnet. Das Bläschen als Träger des Bedürfnisses wurde „Subjekt“ genannt.

Mit dieser Zuordnung wurde aus der im Terminus „Subjekt“ im wissenschaftlichen wie im umgangssprachlichen Gebrauch anzutreffenden Merkmalsvielfalt nur das Merkmal „Bedürfnis“ ausgewählt. Der Grund für diese Zuordnung liegt in einer weiteren allgemein mit dem Subjektbegriff erfassten Eigenschaft, der Eigenschaft der Selbstbestimmtheit des Subjekts, seiner Autonomie. Da die Kategorie der Autonomie nur als zweistelliges Prädikat logisch widerspruchsfrei verwendet werden kann, muss in jedem Falle ihrer Verwendung eine zweite Stelle angegeben werden. Das Subjekt ist autonom in Bezug auf seine Bedürfnisse. Bedürfnisse entstehen nicht als Reaktion auf äußere Einwirkungen. Sie entstehen in einer spezifischen kritischen Situation und werden vom Subjekt über die autonome Kreation seiner Resorber und Rezeptoren definiert (s. S. 60f.!).

Die Autonomie des Subjekts macht die Konstruktion eines besonderen Antriebs der Tätigkeit überflüssig. Das Subjekt braucht keine Triebkraft außer ihm, es *ist* die Triebkraft. Das zweite Glied der Tätigkeit ist der Gegenstand, mit dem das Subjekt wechselwirkt und der im Ergebnis der Wechselwirkung zerstört wird und so das Bedürfnis befriedigt. Die Gegenstände der Tätigkeit sind Entitäten der Umwelt.

Mit der Entwicklung der lebenden Systeme gehen die Subjekte nun auch Beziehungen zueinander ein, trophische, intersubjektive, intrasubjektive, und soziale. Diese Beziehungen entwickeln sich ebenfalls autonom, auf der Grundlage der nativen Eigenschaft der lebenden Systeme. Für die weitere Darstellung muss daher nun die Frage beantwortet werden, inwieweit die

Stellung der lebenden Systeme in diesen Beziehungen ebenfalls mit dem Terminus „Subjekt“ ausgedrückt werden soll.

Es ist natürlich logisch widerspruchsfrei möglich so zu verfahren und die Individuen als Subjekte der heterotropen Tätigkeit, der gemeinsamen Tätigkeit, der Konkurrenz und ihrer sozialen Beziehungen zu bezeichnen. Der Erhalt der logischen Konsistenz würde es dann aber erfordern, die jeweilige Wechselwirkung auch als „Tätigkeit“ und das jeweilige andere lebende System, das an der Wechselwirkung teilnimmt, als „Gegenstand“ zu bezeichnen. Damit würde die als „Tätigkeit“ bezeichnete Kategorie zu einer Universalkategorie gemacht, die nahezu alles erfasst und damit nichts Spezifisches darzustellen vermag.

Es wird sich auch zeigen, dass ein solches Vorgehen sowohl zu terminologischen Unklarheiten als auch zu logischen Widersprüchen führen würde, wie sie auch den aktuellen Stand der einschlägigen Wissenschaften kennzeichnen. Deshalb muss bei der Gestaltung der Terminologie ein anderer Weg beschritten werden. Insbesondere muss dabei auch versucht werden, die bereits bestehende Terminologie soweit wie möglich so zu verwenden, dass das hier zu entwickelnde begriffliche und terminologische System die gesicherten Erkenntnisse der jeweiligen Wissenschaften möglichst widerspruchsfrei integriert.

Für die Terminologie der intrasubjektiven Beziehungen, bei der die einzelnen Subjekte ihre individuellen Bedürfnisse mit demselben Gegenstand identifizieren, liegt das Vorgehen auf der Hand. Mit den Termini „Gesamtsubjekt“ und „Teilsubjekt“ sind die Beziehungen der beteiligten Subjekte hinreichend genau erfasst. Bei Darstellung der Tätigkeit vertritt der Terminus „Gesamtsubjekt“ den Terminus „Subjekt“. Innerhalb der Tätigkeit des Gesamtsubjekts sind die Tätigkeiten der Teilsubjekte *Funktionen*“ der Tätigkeit des Gesamtsubjekts.

In der Beziehung der Konkurrenz bleiben die beteiligten Individuum zwar Subjekte ihrer Bedürfnisse, jedoch nur eines kann die Tätigkeit realisieren, während das andere zugrunde geht. Die gegenseitige Beziehung ist nicht Tätigkeit, sondern Konkurrenz. Der Konkurrent des einen Subjekts ist jedoch nicht auch sein Gegenstand, auch wenn sich bestimmte Aktionen auf diesen richten. Diese Aktionen können daher auch nicht als „Tätigkeiten“ bezeichnet werden.

Auch bei der Herstellung sozialer Beziehungen bleiben die beteiligten Individuen Subjekte ihrer trophischen und

informationellen Bedürfnisse. Die Aktionen, durch welche das Zusammenwirken mit dem Sozialpartner realisiert werden, sind auch keine Tätigkeiten, die Bedürfnisse des agierenden Individuums befriedigt werden, denn der Partner, auf den sich die Aktion richtet, wird in der Aktion nicht zerstört und ist folglich nicht „Gegenstand“. Zur Bezeichnung dieser Aktionen benutze ich den Ausdruck „**Handlung**“. Die Zweckmäßigkeit und Problematik dieser Festlegung wird bei der Darstellung der Entwicklung der sozialen Beziehungen deutlich werden.

Mit der durch die Herausbildung dieser Beziehungen der lebenden Individuen ausgelösten Differenzierung der biotischen Phase in verschiedene überindividuelle biotische Systeme entsteht auch das Problem der Bezeichnung ihrer Stellung innerhalb der zur Biosphäre gewordenen biotischen Phase. In Bezug auf die biotische Phase sind die überindividuellen Systeme deren funktionelle Elemente. Nur durch ihr Zusammenwirken ist der Erhalt der Biosphäre möglich. Konkurrenten, Konsumenten und Produzenten, Gesamtsystem und Teilsysteme sowie Sozialpartner entstehen und erhalten sich nur miteinander. Ich nenne sie daher „**ökologische Phasen**“ der Biosphäre oder „**ökologische Systeme**“.

In Bezug auf ihre Elemente, die lebenden Individuen, sind die ökologischen Phasen die Gesamtheiten, innerhalb deren die Elemente zu existieren vermögen. Heterotrophe Organismen können nur als Element der heterotrophen Phase existieren, ihre individuelle Ausstattung muss also so beschaffen sein, dass das ökologische System erhalten bleibt, dessen Elemente sie sind. Zu dieser individuellen Ausstattung können auch selbstzerstörende funktionelle Komponenten gehören, wenn sie ein Zusammenwirken gewährleisten, durch welches das ökologische System erhalten wird.

Dieses Verhältnis nenne ich „**Mitgliedschaft**“. Ein Individuum wird **Mitglied** eines überindividuellen Systems, indem es Eigenschaften erwirbt, welche die Existenz eben dieses Systems gewährleisten. So werden lebende Systeme Mitglied der Autotrophen, indem sie die Fähigkeit zur Vermehrung erwerben, und die Heterotrophen müssen beispielsweise die Fähigkeit zur gesteuerten Bewegung erwerben. Nur durch die Herausbildung solcher individueller Eigenschaften erhalten sie sich als Mitglieder ihres überindividuellen Systems.

Die ursprüngliche Seinsweise individueller lebender Systeme ist die Tätigkeit. Durch die Tätigkeit erhält sich das Lebewesen.

Mit der Herausbildung überindividueller Systeme reicht die Tätigkeit nicht mehr zur Erhaltung der Individuen aus. Ein Lebewesen kann sich nur erhalten, indem es Mitglied eines überindividuellen Systems ist. Zur Seinsweise lebender Systeme gehören neben der trophischen Tätigkeit die Konkurrenz und das soziale Handeln.

Diese Entwicklung macht eine Erweiterung des Begriffs des Lebens erforderlich. Leben wurde bisher nur als die Seinsweise individueller lebender Systeme betrachtet. Mit der Herausbildung der Fortpflanzung gewinnt aber auch das Leben überindividueller Systeme ein eigenständiges Sein. Leben wird so von der Seinsweise der individuellen lebenden Systeme *zur spezifischen Seinsweise der biotischen Phase der Biosphäre*. Leben ist also mehr geworden als die Seinsweise von Individuen, es ist die Seinsweise der Biosphäre.

Die historisch entstandene Mehrdeutigkeit der Verwendung des Terminus „Leben“ zur Bezeichnung der Seinsweisen verschiedener Ebenen biotischen Seins erfordert große gedankliche Sorgfalt bei der weiteren Analyse. Missverständnisse können nur vermieden werden, wenn beachtet wird, dass die Begriffe und Termini, die bisher zur Darstellung der Tätigkeit als Seinsweise der individuellen Kompartimente der biotischen Phase verwendet wurden nicht auch zur Darstellung der Seinsweise ihrer überindividuellen Einheiten geeignet sind. „Bedürfnis“, „Tätigkeit“, „Gegenstand“ usw. sind keine Prädikate der Seinsweise überindividueller lebender Systeme. Zur Darstellung der Prädikate überindividueller Systeme ist ein anderes begriffliches und terminologisches System erforderlich, das im Rahmen der Evolutionstheorie und in den Begriffsapparaten vor allem der Soziobiologie, der Verhaltenswissenschaften und der Verhaltensökologie entwickelt wurde.

6.2 Zum Begriff der Zelle

Mit der Rekonstruktion der für Vermehrung, Vererbung und Gentransfer erforderlichen funktionellen Elemente ist das lebende System mit allen Elementen ausgestattet, die in der Biologie mit dem Begriff der **Zelle** verbunden werden. Das so konstruierte systemtheoretische Modell der Zelle ist die Ausgangsabstraktion für die weitere Rekonstruktion der menschlichen Seinsweise. Für diese ist nicht die empirische Interpretation der funktionellen Komponenten durch bestimmte chemische Substanzen wie DNA

usw. von Bedeutung, sondern ihre Funktion für das Leben der Individuen.

Natürlich hat der modellierte Gegenstand, das lebende System auch eine bestimmte chemische Beschaffenheit und eine bestimmte Gestalt. Der chemische und der anatomisch-morphologische Aspekt sind jedoch keine Aspekte dieses *systemtheoretischen* Modells. Dadurch unterscheidet sich die systemtheoretische Analyse von der Methodik der speziellen biologischen Wissenschaften.

Das hier entwickelte theoretische Modell der ursprünglichen Zelle ist ein systemtheoretisches Modell. Es ist weder ein chemisches noch ein anatomisches oder morphologisches Modell. In einem chemischen Modell der Zelle müsste ihre innere chemische Struktur modelliert werden, die chemische Zusammensetzung der einzelnen funktionellen Komponenten. In einem anatomischen Modell müsste die Anordnung und Gestalt der Reaktionsräume (Z.B. Zellkern, Mitochondrien) sowie die Struktur der zwischen diesen ablaufenden Prozesse dargestellt werden.

Auch solche Modelle sind entwickelt worden. Ihre Implementierung in dieses Modell ist widerspruchsfrei möglich, aber für die weitere Entwicklung eines systemtheoretischen Modells wie diesem nicht von essentieller Bedeutung, auch wenn gelegentlich auf die chemisch-physikalische oder anatomische Beschaffenheit des modellierten Gegenstandes verwiesen werden muss. In solchen Fällen muss diese gewissermaßen „hinzugedacht“ werden.³⁰

Dadurch wird es beispielsweise widerspruchsfrei möglich, den theoretisch erforderlichen und hypothetisch konstruierten Prozess der multiplen Synthese von Eiweißen beim Wachstum als den empirisch gut untersuchten Prozess der durch DNA gesteuerten Bioproteinsynthese anzusehen. So können die theoretischen Konstrukte Wachstum und Fortpflanzung auch anschaulich vorgestellt werden.

Modell 8. Stufe: Die ursprüngliche Zelle

Ursprüngliches lebendes System mit der Fähigkeit zur Vermehrung, Vererbung und zum Gentransfer.

Zellen sind nur als Mitglied überindividueller ökologischer Systeme lebensfähig.

Natürlich sind in diesem Modell nicht alle funktionellen Komponenten enthalten, die gewöhnlich in den rezenten Zellen

³⁰ Das ist zugleich ein Test auf die Verträglichkeit dieses Modells mit anderen Modellen.

anzutreffen sind. In der folgenden Darstellung werden weitere solcher Komponenten rekonstruiert. Dabei beschränke ich mich auf die Rekonstruktion der heterotrophen Zellen, auch wenn einige der rekonstruierten Komponenten auch autotrophen Zellen zukommen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der Begriff der Ökogenese umfasst den Prozess der Differenzierung der ursprünglichen einheitlichen biotischen Phase in die unterschiedlichen ökologischen Systeme der Biosphäre. In diesem Kapitel wurde die erste Etappe der Ökogenese dargestellt, die durch die Herausbildung der trophischen Phasen eingeleitet wird. Durch die weitere Differenzierung der trophischen Phase der Heterotrophen entwickelt sich das trophische System der Biosphäre zur Nahrungspyramide.

Die funktionelle Differenzierung der heterotrophen Phase besteht in der Herausbildung der verschiedensten Organisationsformen der Tiere und deren Tätigkeit. Dieser Prozess wird in den beiden folgenden Kapiteln rekonstruiert. Neben der Entwicklung der tierischen Tätigkeit und ihrer Steuerung erfordert dieser Prozess auch die Erhaltung der sich entwickelnden strukturellen Differenzierung der biotischen Phase.

Dieser Prozess wird dadurch gewährleistet, dass die Individuen die funktionellen Komponenten der Vermehrung und Fortpflanzung entwickeln. Durch die Erweiterung und Stabilisierung der ökologischen Differenzierung der Biosphäre wird das dynamische Gleichgewicht innerhalb des trophischen Systems der Biosphäre zunehmend stabilisiert.

Dabei spielt die soziale Organisation des genetischen Materials im Prozess der Fortpflanzung und des Gentransfers eine entscheidende Rolle. Diese wird im Kapitel „Soziogenese“ rekonstruiert. Die Soziogenese führt schließlich zur Herausbildung von sozialen Einheiten, aus denen die menschliche Gesellschaft hervorgeht. Die menschliche Gesellschaft ist die überindividuelle soziale Organisationsform des Lebens, in welcher die Individuen diejenigen funktionellen Komponenten der individuellen Ausstattung hervorbringen, durch die sie als Mitglieder dieser Gesellschaft existieren.