

Theoretische Anthropologie

**Grundzüge einer theoretischen
Rekonstruktion
der menschlichen Seinsweise**

Georg A. Litsche

© 2004 G. Litsche

Kapitel 1: Biogenese

Die Entstehung lebender Systeme

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Die Orte der Biogenese	7
2.1	Die Entstehung konzentrierter Phasen in der Hydrosphäre .	8
2.2	Die Entstehung stabiler Bläschen	11
2.3	Die Entwicklung des Urozeans	16
2.4	Stabile Bläschen reagieren	18
2.5	Die Entwicklung der stabilen Individuen	21
3	Die Entstehung lebender Systeme	25
3.1	Die thermodynamische Grenze	25
3.2	Die Schloss-Schlüssel-Reaktion	28
3.3	Die Fotosynthese	30
3.4	Allgemeine Bestimmungen des Lebendigen	31

1 Einleitung

Es mag verwundern, wenn ein Buch, das die Rekonstruktion der menschlichen Seinsweise zu seinem Thema hat, mit der Darstellung der Entstehung des Lebens beginnt. Gewöhnlich wird die Frage nach der Entstehung des Menschen auf andere Fragen zurückgeführt, durch deren Beantwortung man die Ausgangsfrage zu lösen vorgibt. Solche „Stellvertreterfragen“ sind auf die Herausbildung von Merkmalen gerichtet, die gemeinhin zum Merkmalsatz menschlicher Eigenschaften gezählt werden, wie beispielsweise

- Erkenntnisfähigkeit,
- Sprache,
- Kultur usw.

Inzwischen hat sich jedoch die Auffassung verbreitet, dass alle diese Merkmale, die lange Zeit übereinstimmend als essentielle und spezifische menschliche Eigenschaften angesehen wurden, in der einen oder anderen Form auch bei den verschiedensten Tierarten anzutreffen seien und keineswegs nur dem Menschen eigen wären.

Damit ist aber noch keineswegs die Frage beantwortet, wie und unter welchen Bedingungen die spezifisch menschlichen Erscheinungsformen dieser Verhaltensweisen entstanden sind. Man hat sie auf diese Weise nur aus dem Aufgabenbereich der Wissenschaften vom Menschen entfernt und in Fragen der Biologie umgewandelt. Für die Frage, wie und unter welchen Bedingungen diese Eigenschaften bei Tieren entstanden sind, ist die Anthropologie damit nicht mehr zuständig.

Folgt man nun diesem Regress, kommt man schließlich zu der Frage der Entstehung des Lebens, jenem Vorgang, in dem biotischen Eigenschaften des Menschen entstanden sind, aus denen dann auch seine spezifisch menschlichen Eigenschaften hervorgegangen sind. Die Entstehung des Menschen beginnt also mit der Entstehung des Lebens.

*

In diesem Kapitel soll die Entstehung des Lebens unter systemtheoretischem Aspekt rekonstruiert werden. Dabei geht es nicht um die Rekonstruktion der chemischen und biologischen Evolution, sondern um die Rekonstruktion der einfachsten

denkbaren lebenden Systeme, der einfachsten denkbaren Struktur eines lebenden Wesens, das auf der Grundlage der Resultate der physikalischen und chemischen Entwicklung der Erde entstanden sein muss.

Systemtheoretische Probleme werden in der Theorie der Biogenese nur gelegentlich und am Rande bearbeitet, im Vordergrund stehen vorwiegend Fragen der molekularen (chemischen) Evolution wie die Entstehung von Eiweiß- oder DNA- Molekülen. Die hier bedeutsamen Fragen der Systemgenese werden kaum thematisiert. Die experimentellen Arbeiten liefern Simulationen für Prozesse, in deren Ergebnis chemische Komponenten für die Biogenese abiogen entstehen.

Auch zur Modellierung von Zellen als lebenden Systemen gibt es die verschiedensten Ansätze. Eine aktuelle Übersicht findet man bei A. Skusa (2001). Bei diesen Ansätzen handelt es sich meist um Versuche, rezente Zellen in irgend einer Weise nachzubilden. So entwickelt Gánti (1975) den Begriff des „Chemotons“ als chemische Minimalausstattung einer fertigen Zelle. Zu den notwendigen Elementen des Chemotons zählt er die DNA und den Prozess der Reproduktion. Maturana & Varela (1984) entwickeln den Begriff des sich selbst organisierenden („autopoietischen“) Systems, das die Reproduktion nicht als konstituierende Komponente enthält.

Das hier entwickelte Modell ist ein theoretisches Modell, d. h. es wird nicht versucht, ausgehend von Objekten der Realität eine wie auch immer geartete Nachbildung dieser Objekte zu erzeugen, wie das beispielsweise bei der Herstellung eines Blütenmodells der Fall ist. Es wird kein Modell angestrebt, das so *aussieht*, wie ein lebendes System. Es geht vielmehr um die hypothetische Konstruktion eines Modells, das die Seinsweise eines lebenden System theoretisch abbildet, das also so „funktioniert“ wie ein lebendes System.

Zu einer Rekonstruktion der Biogenese wird die Darstellung durch die Abfolge der Entwicklung der Gedanken. Ein einigermaßen komplexes System kann nicht in einem Schritt konstruiert werden, ebenso wenig wie ein lebendes System in einem Schritt entstehen konnte. Dabei ist der Umstand zu beachten, dass gedankliche oder technische Systeme im Prozess ihrer Entwicklung Zwischenstufen durchlaufen können, die nicht eigenständig funktionieren. Wenn beispielsweise eine Uhr aus ihren Bestandteilen zusammen gesetzt wird, ist keine

Montagestufe funktionsfähig, erst mit dem Einbau des letzten Elements entsteht das funktionierende System.

Solche funktionsunfähigen Zwischenstufen konnte es im realen Prozess der Biogenese nicht geben. Die präbiotischen und biotischen Systeme mussten während der gesamten Zeit der Biogenese existenzfähig sein. Die hypothetische Konstruktion der minimalen Zelle wird so auch zur Rekonstruktion der Herausbildung biotischer Systeme. Dabei wird versucht, die für jede Stufe der Rekonstruktion hypothetisch konzipierten Systemelemente mit Ergebnissen empirischer Forschung zu konfrontieren, indem soweit wie möglich Komponenten als Konstruktionselemente benutzt werden, die, wie die allgemein bekannten Simulationsexperimente gezeigt haben, bereits bei präbiotischen Systemen entstanden sein könnten.

2 Die Orte der Biogenese

Auf unserer Erde existieren lebende Systeme heute in einer kaum überschaubaren Menge und Vielfalt. Im Allgemeinen werden Systeme nur dann als „lebend“ bezeichnet, wenn sie einen gewissen Satz von Merkmalen, die Kennzeichen des Lebens, aufweisen. Über die Notwendigkeit einiger dieser Kennzeichen besteht ein verbreiteter Konsens, während die Unabdingbarkeit anderer strittig ist.

Konsens besteht darüber, dass nicht ein einzelnes Merkmal das Leben ausmacht, sondern erst der Besitz aller der jeweils zum Merkmalsatz gezählten Bestimmungen die Zuweisung des Prädikats „lebend“ rechtfertigt.

Wie dargelegt, kann der Satz der Merkmale des Lebens jedoch nicht in einem Schritt entstehen. Die einzelnen Merkmale mussten allmählich entstehen, wobei jede Stufe der Entwicklung der präbiotischen Systeme ein eigenständig existenzfähiges System sein musste. Einer dieser Schritte musste schließlich den Merkmalsatz „komplett“ machen und die präbiotischen Systeme zum Leben „erwecken“. Von diesem Zeitpunkt an sind die präbiotischen Systeme biotische, lebende Systeme geworden.

Die Bestimmung dieses Zeitpunkts wird ebenso strittig sein wie die Zusammensetzung des Merkmalsatzes selbst. Die Zuordnung des Terminus „lebend“ zu einer bestimmten Entwicklungsstufe des Lebendigen in dieser Arbeit ist daher nur pragmatisch begründet und bedarf der Konvention.

Als Bezeichnung eines Prozess steht der Terminus „Leben“ für die spezifische Art und Weise, in der die lebenden Systeme sich in ihrem spezifischen Zustand erhalten, „Leben“ bezeichnet die spezifische Art und Weise ihres **Seins**, „Leben“ ist die spezifischen Seinsweise¹ lebender Systeme. Diese Seinsweise muss sich in einem längeren Prozess herausgebildet haben, der theoretisch und experimentell vor allem in seinen chemischen Aspekten untersucht wird.

Systemtheoretische Analysen dieses Prozesses sind dagegen kaum zu finden. Als Ort der chemischen Evolution, an deren Ende schließlich das Leben steht, wird gewöhnlich die so genannte „Ursuppe“ angesehen.

Präbiotische Systeme wie Koazervate oder Mikrosphären, deren Entstehung theoretisch verstanden ist und experimentell

¹ Diese Verwendungsweise des Ausdrucks „Seinsweise“ bezieht sich nicht auf die in manchen Philosophien dargestellten „Seinsmodi“.

simuliert wurde, werden dagegen nicht als Ort der Biogenese analysiert. Eine schrittweise Rekonstruktion der Herausbildung lebender Systeme erfordert die Analyse der Entwicklung dieses Entwicklungsschrittes.

2.1 Die Entstehung konzentrierter Phasen in der Hydrosphäre

Soweit wir bisher begründet annehmen können, war das Substrat der Biogenese die meist als „Ursuppe“ bezeichnete frühe („fossile“) Hydrosphäre, eine wässrige Lösung der verschiedensten anorganischen und organischen Substanzen bis hin zu einfachen Eiweißen. Auch der Begriff der „Ursuppe“ ist ein hypothetisches Konstrukt, dem eine Reihe experimentell erfolgreich simulierter Komponenten (Substanzen) und Prozesse zugeschrieben werden. Thermodynamisch ist die Ursuppe eine Etappe der flüssigen Phase der Urerde, die diese im Verlaufe ihrer chemischen Evolution durchlaufen hat. Die Ursuppe ist eine Etappe der Entwicklung der ursprünglichen Hydrosphäre der Erde, in der die Entstehung des Lebens stattgefunden haben muss.

Unter den Komponenten der Ursuppe befinden sich auch Eiweißmoleküle. Die Größe der Eiweißmoleküle bleibt jedoch infolge der hydrolytischen Wirkung des Wassers in diesem Substrat begrenzt. Wenn in diesem Substrat lebende Systeme aus großen Eiweißmolekülen entstehen sollen, müssen Reaktionsräume entstehen, die sich durch eine höhere Konzentration auszeichnen und so ein internes Substrat („Milieu“) bilden, das eine dauerhafte Existenz größerer Eiweißmoleküle ermöglicht. Diese Reaktionsräume müssen in der Zeit stabil sein, wenn sie die Bildung größerer Eiweißmoleküle ermöglichen sollen.

Das bei der theoretischen Konstruktion solcher Reaktionsräume zu lösende Problem liegt in der Abgrenzung des Reaktionsraums. Einerseits muss er hinreichend vom umgebenden Substrat getrennt sein, um ein eigenständiges internes Milieu zu gewährleisten. Andererseits muss die Abgrenzung durchlässig für Substanzen sein, die zur Bildung größerer Eiweißmoleküle erforderlich sind. Empirisch sind solche Begrenzungen bei rezenten Zellen als semipermeable oder selektiv permeable Membranen bekannt.

Bei der Konstruktion eines solchen Reaktionsraumes müssen die Gesetze zweier Ebenen der Thermodynamik berücksichtigt werden. Die *klassische Thermodynamik* beruht auf dem *Stoffbegriff*, der die makroskopischen Eigenschaften thermodynamischer Systeme abbildet. Der Stoffbegriff abstrahiert von der atomaren und molekularen Teilchenstruktur der thermodynamischen Systeme, auf der die makroskopischen Erscheinungen beruhen. Diese werden mit Hilfe statistischer Methoden aus den mikroskopischen Verhältnissen abgeleitet. Um diesem Sachverhalt gerecht zu werden, entwickelte man die so genannte *statistische Thermodynamik*. Der statistischen Thermodynamik beruht auf dem *Teilchenbegriff*. Ihr liegt ein Modell der mikrophysikalischen Zustände zugrunde, in dem diese Mikrozustände in ihrer Gesamtheit den statistisch wahrscheinlichsten Zustand eines Makrosystems bilden. Ein Beispiel für diesen Zusammenhang sind die Temperatur eines Körpers und die Geschwindigkeit seiner Teilchen. Die makroskopische Eigenschaft der Temperatur wird aus dem Quadrat der mittleren Teilchengeschwindigkeit berechnet werden.

Die Konstruktion eines konzentrierten Reaktionsraumes mit semipermeabler Membran innerhalb der Ursuppe aus deren Komponenten kann nur in Form bläschenförmige Reaktionsräume erfolgen. Größe und Gestalt dieser Reaktionsräume werden durch die *Phasengrenzfläche* bestimmt. An der Grenzfläche herrschen für die zwischen den Teilchen wirkenden zwischenmolekularen Kräfte andere Bedingungen als im Inneren der Phase, denn hier sind sie nur nach einer Seite hin von ihresgleichen umgeben. Darauf beruhen bestimmte Effekte, die an den Grenzflächen auftreten: Oberflächenspannung, Adhäsion, Kapillarwirkung u. a., die auf Anziehungs- und Bindungskräften zwischen den Teilchen beruhen, die nicht im Stoffbegriff erfasst sind. Diese Kräfte zwischen den Teilchen haben jeweils eine bestimmte messbare Größe, sie sind konstant und damit limitiert. Diese Limitierung der Kräfte zwischen den Teilchen beschränkt auch die Größe der Bläschen, die unter den Bedingungen der Ursuppe entstehen können.

Dadurch unterscheidet sich die konzentrierte Phase von anderen thermodynamischen Phasen wie beispielsweise der Phase „Eis“ im Wasser oder eines Kristalls in einer konzentrierten Lösung. Es gibt zwar auch hier die Besonderheiten der Phasengrenze, jedoch führen diese nicht zu einer Limitierung der sich herausbildenden Phase „Eis“ oder „Kristall“. Die

konzentrierte Phase ähnelt eher dem Zustand, den eine flüssige Phase als Nebel ausbildet.

Die Limitierung der Bläschengröße folgt aus den makroskopischen Beziehungen zwischen Oberfläche und Volumen von Körpern, die sich aus den Eigenschaften ihrer mikroskopischen Bestandteile ergeben. Während das Volumen des Bläschens in der dritten Potenz zunimmt, nimmt die Grenzfläche nur in der zweiten Potenz zu. Die Stabilität der Grenzfläche wird durch die ebenfalls makroskopische Eigenschaft der Oberflächenspannung bestimmt. Diese wird jedoch durch mikroskopische Eigenschaften ihrer der Teilchen wie Kohäsion und Adhäsion bestimmt. Das Volumen eines Tropfens wird so durch das Verhältnis seines Innendrucks zur Oberflächenspannung limitiert.

Die Ausfällung der konzentrierten Phase aus der Ursuppe kann also nur in Form von Bläschen mit limitierter Größe erfolgen. Diese **präbiotischen Bläschen** sollen den Ausgangspunkt meiner Rekonstruktion bilden. Sie sollen die Systeme sein, die schrittweise so mit funktionellen Komponenten ausgestattet werden, dass aus ihnen schließlich lebende Systeme hervorgehen. Dabei werden ihre nativen Eigenschaften benutzt und schrittweise so verändert, dass bei jedem Schritt der Rekonstruktion existenzfähige Systeme entstehen.

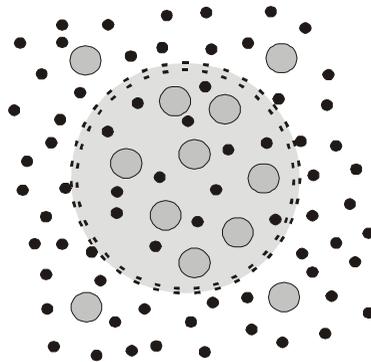


Abbildung 1: Präbiotisches Bläschen (schwarze Punkte: Wassermoleküle, graue Punkte: große Moleküle, punktierte Linie: Grenzfläche)

Thermodynamisch sind diese Bläschen Phasen² der Hydrosphäre, die durch eine **Phasengrenzfläche** von ihren Ursprungsbedingungen separiert sind. Die *Bläschenphasen* bestehen aus denselben Stoffen wie der restliche Teil der Hydrosphäre, sie liegen in der Bläschenphase jedoch in höherer Konzentration vor. Die konzentrierten Bläschen und die weniger konzentrierte Umgebung bilden also Phasen der Hydrosphäre.

Diese höhere Konzentration des **internen Milieus** der präbiotischen Bläschen macht sie zu Orten, in denen Prozesse ablaufen können, die in der weniger konzentrierten Umgebung nicht möglich sind. So können unter diesen Bedingungen auch größere Eiweißmoleküle entstehen, wie sie unter den Bedingungen der Umgebung infolge der hydrolytischen Spaltung zerfallen müssten.

Zugleich konstituiert die höhere Konzentration der Bläschen einen Zustand des thermodynamischen Ungleichgewichts in der Hydrosphäre. Nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik jedoch geht dieses Ungleichgewicht der konzentrierten Phase autonom wieder in die wahrscheinliche Verteilung des thermodynamischen Gleichgewichts über. Die Existenz der konzentrierten Phase ist folglich zeitlich begrenzt, sie ist **labil**. Im Ergebnis der Diffusion stellt sich die wahrscheinliche Gleichverteilung der Teilchen wieder ein. Dadurch werden auch die möglichen Produkte der in den Bläschen ablaufenden Prozesse wie die größeren Eiweißmoleküle wieder zerstört.

Die präbiotischen Bläschen müssen also mit funktionellen Komponenten ausgestattet werden, durch die der Prozess der Diffusion zwischen Bläschen und Umgebung verhindert wird. Die präbiotischen Bläschen müssen stabil werden.

2.2 Die Entstehung stabiler Bläschen

Der erste Schritt der Herausbildung **stabiler Bläschen** vollzieht bereits bei der Entstehung der ursprünglichen Bläschen. Infolge des statistischen Charakters der bläschenbildenden Prozesse sind die entstehenden präbiotischen Bläschen untereinander nicht gleich. Gleiche Größen, gleiche chemische Beschaffenheit

² Im thermodynamischen Sinn ist eine Phase eine homogene, d. h. physikalisch und chemisch überall gleichförmig beschaffene Zustandsform von Materie. In einer einzelnen Phase sind Eigenschaften wie Dichte, Kristallstruktur, Brechzahl, spezifische Wärmekapazität usw. überall gleich. Ein heterogenes System besteht aus mehreren Phasen, die durch Phasengrenzflächen voneinander getrennt sind.

und gleiche Konzentration der einzelnen Bläschen setzt die Annahme einer homogenen Struktur der bläschenbildenden Ursuppe voraus. Die experimentelle Simulation der bläschenbildenden Prozesse hat jedoch gezeigt, dass Bläschen sich stets infolge der Schaffung inhomogener Situationen bildeten. So wurden ihre Entstehung durch Mischung von Substanzen oder anderen ähnlichen Einwirkungen ausgelöst. Koazervate und Mikrosphären sind empirische Simulationen von Vorformen solcher präbiotischer Bläschen

Deshalb muss auch angenommen werden, dass die entstehenden Bläschen auch unter natürlichen Bedingungen infolge solcher oder ähnlicher Prozesse entstanden sind und folglich hinsichtlich ihrer Größe, Konzentration und chemischen Beschaffenheit variieren. Ihnen kommt von Beginn an das Merkmal der **Individualität** zu.

Für die weitere Rekonstruktion ist nun bedeutsam, dass sowohl die Grenzflächen als auch die Bläschen aus höhermolekularen Stoffen bestehen, die in der Membran nicht gleichmäßig verteilt sein können. Dadurch entstehen unterschiedlich große Poren, durch die sie eine selektive Durchlässigkeit, die **Semipermeabilität** erhalten. Die semipermeable Membran lässt kleine Moleküle wie Wasser leichter passieren als größere, große Moleküle werden hingegen am Passieren gehindert.

Unter solchen Bedingungen erfolgt die Diffusion gerichtet und wird zur **Osmose**. Die Osmose behindert die ungerichtete Diffusion und verlängert so den Zeitraum, in dem das Bläschen erhalten bleibt. Je länger diese Zeitspanne andauert, desto mehr große Eiweißmoleküle können im präbiotischen Bläschen entstehen und sich erhalten.

Aber auch dieser Zeitraum ist limitiert. Durch die selektiv permeable Membran dringt stets Wasser osmotisch in die Bläschen ein. Dadurch vergrößert sich ihr Volumen, bis die Membran infolge des steigenden osmotischen Innendrucks reißt und das Bläschen zerfällt.

Die Zeit, in der sich ein präbiotisches Bläschen im Zustand des thermodynamischen Ungleichgewichts erhält, kann verlängert werden, indem die Membran mit funktionellen Komponenten ausgestattet wird, die das osmotisch in die konzentrierte Phase eingedrungene Wasser wieder entfernen. Dadurch bliebe die Konzentration der Bläschenphase längere Zeit erhalten und der

der Zerfall der konzentrierten Phase würde aufgehalten werden. Diese funktionellen Komponenten nenne ich „**aktive Poren**“.

Dauerhaft existieren können nur Bläschen, deren Membran so mit aktiven Poren ausgestattet sind, dass ebenso viel Wasser aus dem Bläschen entfernt wird wie osmotisch eindringt. Wird mehr Wasser aus dem System entfernt als osmotisch eindringt, kommt es zum Zerfall der Eiweiße durch Dehydrierung. Im umgekehrten Fall wird das Bläschen osmotisch soweit aufgeschwemmt, bis die Membran platzt.

Es lässt sich nun in theoretischer Idealisierung eine Dichte aktiver Poren in einer Membran denken, bei der sich bei einer gegebenen Konzentration der primären Energieträger in der Umgebung und einer gegebenen Konzentrationsdifferenz zwischen internem Milieu und Umgebung ein **osmotisches Gleichgewicht** zwischen den beteiligten Phasen ausbildet, bei dem die Menge des osmotisch in die konzentrierte Phase eindringenden Wassers gleich der Wassermenge ist, die durch die aktiven Poren wieder entfernt wird. In diesem Falle kommt es nicht zu einem Konzentrationsausgleich sondern das Ungleichgewicht wird zu einem stabilen Zustand. Das Bläschen ist stabil, weil es das **thermodynamische Ungleichgewicht** zu erhalten vermag.

Zwischen den einzelnen stabilen Bläschen und der Umgebung wird durch das osmotische Gleichgewicht ein stabiles thermodynamisches Ungleichgewicht hergestellt und aufrecht erhalten. Die stabilen Bläschen existieren, solange das osmotische Gleichgewichts bestehen bleibt. Nur durch den Zerfall der stabilen Bläschen kann das thermodynamische Gleichgewicht wieder hergestellt werden.

Mit der Entstehung der stabilen Bläschen haben sich die thermodynamischen Verhältnisse in der ursprünglichen Hydrosphäre eine neue Qualität erreicht. Das thermodynamische Gleichgewicht der Ursuppe hat sich in den Zustand eines stabilen thermodynamischen Ungleichgewichts umgewandelt. Diesen Zustand der Hydrosphäre nenne ich „**Urozean**“.

Zur Erhaltung des osmotischen Gleichgewichts muss im thermodynamischen System des Urozeans eine Arbeit geleistet werden. Wasser muss entgegen dem Diffusionsgradienten aus dem stabilen Bläschen in die Umgebung transportiert werden. Die dazu erforderliche Energie muss der inneren Energie des Systems entnommen werden, da sie (noch) nicht von außen zugeführt werden kann. Dafür steht zunächst die innere Energie

einfacher energiereicher Verbindungen zur Verfügung, die abiogen entstehen und im Urozean gelöst sind. Diese **primären Energieträger** können beispielsweise Adenosinphosphate sein, die auch bei allen rezenten Zellen die Energieträger sind, die zum unmittelbaren Vollzug aller Lebensprozesse genutzt werden.

Die Erhaltung des osmotischen Gleichgewichts führt nun notwendig dazu, dass die Bedingungen seiner Erhaltung stetig zerstört werden. Der Verbrauch von primären Energieträgern führt zu einer allmählichen Abnahme der inneren Energie des Urozeans. Schließlich wird ein kritischer Wert erreicht, bei dem der Vorrat an primären Energieträgern die Erhaltung der stabilen Bläschen nicht mehr gewährleisten kann. Die stabilen Bläschen zerfallen und die Biogenese kommt zum Ende. Das Sein der stabilen Phase ist also thermodynamisch begrenzt,

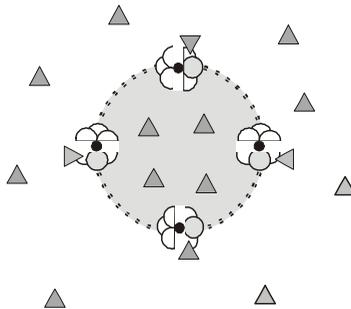


Abbildung 2: Stabiles Bläschen mit aktiven Poren (☉ aktive Pore, ▲ Adenosinphosphat, energiereich)-auf die Darstellung des Wassers wurde verzichtet

Modell 1. Stufe: Das stabile Bläschen

- Bläschen mit konzentriertem internem Milieu
- Membran mit aktiven Poren
- Zeitlich begrenzte thermodynamische Phase im Urozean
- Limitierender Faktor: verfügbare primäre Energieträger des Urozeans
- Kritischer Punkt: Limitierender Faktor wird Null

Die Zeit, in der das einzelne stabile Bläschen sein osmotisches Gleichgewicht erhalten kann, wird jedoch nicht von den Parametern derjenigen funktionellen Komponenten bestimmt, die dieses Gleichgewicht aufrecht erhalten. Im Begriff des idealen stabilen Bläschens geht die Zeit seiner Existenz gegen unendlich. Das liegt im Begriff des osmotischen Gleichgewichts, durch das es existiert. Die Limitierung der Zeit der Existenz stabiler Bläschen ist eine makroskopische Eigenschaft des

thermodynamischen Ungleichgewichts im System des Urozeans, das die energetischen Ressourcen für die Erhaltung dieses Zustandes enthält. Dieser Zusammenhang wird an anderer Stelle weiter verfolgt.

Die abiogene Entstehung osmoregulatorischer Eiweiße ist zwar experimentell noch nicht simuliert worden, die vorliegenden Ergebnisse solcher Experimente vertragen sich jedoch mit der Annahme, dass solche Eiweiße unter den Bedingungen der stabilen Phase abiogen entstehen können.

Für die abiogene Entstehung von einfachen Eiweißen mit einer osmoregulatorischen Funktion könnten bereits die Bedingungen ausreichend gewesen sein, die sich im zeitweilig bestehenden internen Milieu der präbiotischen Bläschen entwickeln können. Die selektive Permeabilität der Membran verlängert zunächst die Existenzzeit des einzelnen Bläschens. Dadurch können unter den Bedingungen des internen Milieus des Bläschens für eine gewisse Zeit chemische Prozesse ablaufen, die unter den Bedingungen der Umgebung nicht stattfinden können. Insbesondere können sich größere Eiweißmoleküle als in der Umgebung bilden. Es lässt sich beispielsweise ein Komplex aus einem einfachen Eiweißmolekül und einem ringförmigen Kohlenwasserstoff als ursprüngliche aktive Pore denken. Solche Verbindungen könnten unter den internen konzentrierten Bedingungen in den konzentrierten Systemen gebildet werden.

In den rezenten Zellen wird diese theoretisch abgeleitete osmoregulatorische Funktion von Aquaporinen erfüllt. Aquaporine sind Eiweiße, die eine Pore von der Größe eines Wassermoleküls besitzen. Durch diese Pore können sie Wassermoleküle in einer Richtung transportieren.

Bei den rezenten Aquaporinen wird die zur Osmoregulation erforderliche Energie durch den Stoffwechsel der Zellen (Dissimilation) bereit gestellt. Das begründet anzunehmende Vorhandensein von abiogen gebildeten Adenosinphosphaten im Urozean ermöglichte eine externe Phosphorylierung der primären aktiven Poren, für die zudem auch die heute erreichte Leistungsfähigkeit nicht angenommen werden muss. Die hohe Gleichförmigkeit der Aquaporine bei allen rezenten Organismen spricht für ihre frühe Entstehung.

Der Prozess der abiogenen Entstehung von Eiweißen wird theoretisch wie experimentell seit längerer Zeit untersucht. Dabei werden verschiedene Ansätze verfolgt. Soweit gesicherte Ergebnisse vorliegen, sind diese mit dem hier entwickelten

Ansatz zumindest verträglich. Die in der Diskussion befindlichen Probleme liegen in den Bedingungen der ursprünglichen Hydrosphäre begründet. Der Ansatz, als Ort der abiogenen Herausbildung höhermolekularer Substanzen eine konzentrierte Phase des Urozeans anzusehen, wurde meines Wissens noch nicht diskutiert. Er könnte einige der offenen Fragen einer Lösung näher führen.

Es ist auch denkbar, dass im präbiotischen Bläschen Gesetze zu wirken beginnen, wie sie in Theorien irreversibler Prozesse in Systemen entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht (Prigogine 1980, Prigogine und Stengers 1981) oder in Theorien zur Autopoiesis (Maturana und Varela 1984) entwickelt wurden. Sie versuchen u. a. Ansätze, die auch die abiogene Synthese von Eiweißen erklären könnten. Diese hier weiter zu verfolgen würde jedoch vom Ziel ablenken, die Grundzüge der menschlichen Seinsweise theoretisch zu rekonstruieren.

2.3 Die Entwicklung des Urozeans

Wie ausgeführt, wird die Zeit, während der das stabile Bläschen bestehen bleibt, nicht durch seine individuellen Eigenschaften bestimmt, sondern durch die energetischen Ressourcen des Urozeans. Diese verringern sich durch die Erhaltung des thermodynamischen Ungleichgewichts stetig. Betrachten wir diesen Prozess der stetigen Verringerung dieser Ressourcen aber bei seiner Annäherung an seinen Grenzwert, dann werden die individuellen Unterschiede zwischen den einzelnen Bläschen bedeutsam. Im Falle knapper Ressourcen sind dies vor allem

- die *Transportleistung* (Maß: Transportierte Wassermoleküle / Zeit) und
- die *Effektivität* des Wassertransports (Maß: Anzahl verbrauchter primärer Energieträger / transportiertes Wassermolekül).

Die Erhaltung des osmotischen Gleichgewichts erfolgt also auf individuell unterschiedlichem Niveau. Individuen, die ihr osmotisches Gleichgewicht auf niedrigem Niveau erhalten, zerfallen bereits bei einer noch relativ hohen Konzentration an primären Energieträgern. Bei dieser Konzentration bleiben dagegen Individuen noch erhalten, die ihr osmotisches Gleichgewicht auf hohem Niveau stabilisiert haben. Es kommt zur **Selektion** der stabilen Bläschen. Im Ergebnis der Selektion verringert sich die Anzahl der stabilen Bläschen im Urozean.

Dadurch verlängert sich infolge des nun sinkenden Energieverbrauchs der erhalten bleibenden Bläschen die Zeit der Existenz des Urozeans.

Der theoretische Grenzwert der Individuenzahl beträgt Null, der maximale Wert der Existenzzeit des Urozeans geht gegen unendlich. Wenn das letzte Bläschen zerfallen ist, ist die Existenzzeit der stabilen Phase und damit des Systems „Urozean“ beendet. Die Hydrosphäre ist wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückgekehrt.

Infolge der Selektion kommt es also zur Veränderung der Parameter des Urozeans, die den Anteil der Komponenten der stabilen Phase am Gesamtsystem betreffen. Diese Veränderungen treten unabhängig davon ein, ob es auch zu Veränderungen der individuellen Eigenschaften der Bläschen kommt. Deshalb müssen mögliche Modifizierungen der individuellen Beschaffenheit der Bläschen hier auch nicht dargestellt werden. Die stabilen Bläschen können also zunächst als konstante Gebilde mit zeitlich unbegrenzter Existenz angesehen werden.

Die Besonderheit dieser Veränderung des Urozeans ist ihre **Irreversibilität**. Die Bedingung der Existenz der stabilen Phase ist das Vorhandensein primärer Energieträger. Diese werden durch die Existenz der stabilen Bläschen zerstört. Wenn sie nicht mehr abiogen entstehen, können möglicherweise neu entstehende konzentrierte Bläschen nicht mehr stabil werden, weil die dazu erforderliche Energie primärer Energieträger nicht mehr vorhanden sind. Irreversible Veränderungen des Urozeans, die als Folge der Existenz der stabilen Phase notwendig entstehen, sind Merkmale der Entwicklung des Urozeans, seiner *Evolution*.

Die Besonderheit der hier dargestellten präbiotischen Entwicklung besteht darin, dass sich das Gesamtsystem der stabilen Phase entwickelt, ohne dass sich die individuelle Beschaffenheit ihrer Teile verändert. Die Entwicklung der stabilen Phase ist „**überindividuell**“.

Das theoretische Konstrukt der stabilen Phase erweist sich also als Konstruktion eines überindividuellen Systems. Es besitzt das Merkmal der Entwicklung, auch wenn die es konstituierenden individuellen Systeme als konstant angesehen werden.

Zur Evolution kann es nur kommen, wenn der Urozean ist seine kritische Etappe eintritt. Erst dann kommt es zur Selektion. Die Selektion ist wiederum eine Folge der Individualität der

Bläschen. Die individuelle Beschaffenheit jedes einzelnen Bläschen ist unabhängig von der jedes anderen Bläschen.

Auch die präbiotische Selektion ist kein Prozess, der sich im Individuum vollzieht. Sie ist ein ebenfalls überindividueller Prozess, der im Urozean als Wechselwirkung zwischen stabiler Phase und Umgebung stattfindet. Dabei lösen sich die Komponenten der stabilen Phase auf und es kommt zur Wiederherstellung des thermodynamischen Gleichgewichts der Hydrosphäre.

Der Grenzwert, den die Individuenanzahl der stabilen Phase im Verlaufe ihrer Entwicklung erreichen kann, ist der Wert 1. Wird dieser Wert unterschritten und der Wert Null erreicht, ist die Existenz der stabilen Phase irreversibel beendet. *Leben kann nun nicht mehr entstehen*. Spätestens beim letzten stabilen Bläschen muss eine neue funktionelle Komponente entstehen, die zur Überwindung des limitierenden Faktors erforderlich ist, wenn Leben erhalten werden soll.

Die theoretische Rekonstruktion der Entwicklung der stabilen Phase erfordert also ein „**Ein- Individuum- Stadium**“. In der biologischen Theorie wird dieser Sachverhalt mit dem Terminus des „monophyletischen Ursprung“ sowohl des Lebens wie aller taxonomischen Gruppen lebender Systeme erfasst. Die hier theoretisch abgeleitete Annahme, dass die Biogenese und die Evolution monophyletisch verlaufen, ist auch empirisch begründeter Konsens der biologischen Wissenschaften.

2.4 Stabile Bläschen reagieren

Das thermodynamische Ungleichgewicht zwischen Bläschen und Umgebung kann nur erhalten werden, wenn die abgebauten primären Energieträger ständig reproduziert werden. Mit der Abkühlung der Erde hörte die abiogene Bildung solcher Stoffe jedoch auf, was zum Zerfall der konzentrierten Phase des Urozeans führen muss. Die Entwicklung des Urozeans erreicht ihren ersten kritischen Punkt, wenn die Konzentration der primären Energieträger in der Umgebung den Wert erreicht, bei dem die aktiven Poren ihre osmoregulatorische Funktion gerade noch ausüben können. Wird er unterschritten, zerfällt die konzentrierte Phase.

Das theoretische Modell muss also durch ein neues Element erweitert werden, dessen Funktion die Reproduktion primärer Energieträger ist. Nun bedarf es der Analyse, inwieweit ein solches Element auf der Grundlage der bekannten physikalischen

und chemischen Gesetze unter den gegebenen Bedingungen autonom entstehen konnte.

Die Herausbildung immer komplexerer Eiweiße im stabilen Bläschen kann auch zur Entstehung von Eiweißen führen, die katalytische Prozesse ermöglichen, welche andere ebenfalls vorhandene energiereiche Substanzen so abbauen, dass deren Energie den Prozess des Abbaus der primären Energieträger umkehrt und diese so reproduziert.

Bei den rezenten Zellen ist dieser Prozess die Dissimilation, die bei den meisten rezenten Organismen als biologische Oxidation stattfindet. In den rezenten Zellen wird das Adenosintriphosphat (ATP) als unmittelbare Energiequelle genutzt, das dabei in energieärmeres Adenosindiphosphat (ADP) umgewandelt wird (Dephosphorylierung). Die in der Zellen vorhandenen Vorräte an ATP reichen jedoch nur für einige Minuten. Mit den Mitochondrien verfügen die rezenten Zellen über Einrichtungen, welche die Energie aus anderen energiereichen Stoffen wie beispielsweise Zucker in ADP überführen und diese wieder zu ATP synthetisieren können (Phosphorylierung). Die Dissimilation gewährleistet so die ständige Reproduktion primärer Energieträger in der Zelle.

Die Annahme, dass die Dissimilation im stabilen System zunächst als Leistung einzelner Eiweiße entstand, ist mit den empirisch bestätigten Tatsachen verträglich. Auch einfache Zucker und andere monomere organische Energieträger wie Ethanol hatten sich im Urozean gebildet. Sie konnten ähnlich wie Wasser in geringem Maße in das System diffundieren und dort dissimiliert werden. So konnte sich der reversible chemische Prozess der Phosphorylierung und Dephosphorylierung von ADP/ATP unter den Bedingungen des stabilen Bläschens autonom herausbilden.

Bei der **Dissimilation** werden energiereiche Substanzen, die **sekundären Energieträger**, exotherm abgebaut. Die dabei freigesetzte Energie wird in primäre Energieträger überführt. Diese ermöglichen auf die dargestellte Weise die Erhaltung des stabilen Bläschens.

Die ursprüngliche Dissimilation ist ebenfalls eine exergonische Reaktion, d. h. das dissimilierende Eiweiß *reagiert* auf das durch die Teilchenbewegung ausgelöste Zusammentreffen mit dem sekundären Energieträger. Diese Stufe der Entwicklung der Bläschen nenne ich „**reaktives Bläschen**“. Es unterscheidet sich vom nur stabilen Bläschen dadurch, dass die zur Erhaltung seiner

Stabilität erforderliche primäre Energie über den systemeigenen Prozess der Dissimilation geeigneter sekundärer Energieträger wie beispielsweise Milchsäure oder einfache Zucker bereitgestellt wird. Auch diese können durch Diffusion in das stabile Bläschen gelangen.

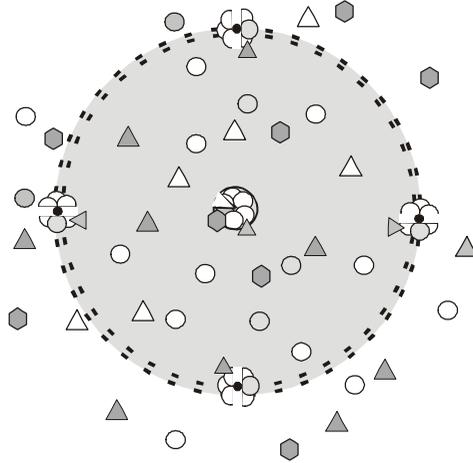


Abbildung 3: Reaktives System (☉ Aktive Pore, phosphoryliert, ▲ Adenosinphosphat, energiereich, ☼ dissimilierendes Eiweiß, ○ ● sekundäre Energieträger, → Weg der Energie)-auf die Darstellung des Wassers wurde verzichtet

Modell 2. Stufe: Das reaktive Bläschen

Stabiles Bläschen mit Dissimilation von sekundären Energieträgern
 Zeitlich begrenztes thermodynamisches System
 Limitierender Faktor: sekundäre Energieträger
 Kritischer Wert: Konzentrationsdifferenz Null

Auch die reaktiven Bläschen bilden eine thermodynamische Phase des Urozeans, die sich mit ihrer Umgebung in einem thermodynamischen Ungleichgewicht befindet.³ Neu ist, dass die sekundären Energieträger nun den limitierenden Faktor für die Erhaltung der reaktiven Bläschen bilden. Die ursprünglichen sekundären Energieträger sind ebenfalls kleine Moleküle, die in geringem Maße in Richtung des Diffusionsgradienten in das Bläschen diffundieren. Durch ihren Abbau bei der Dissimilation und der systeminternen Synthese höhermolekularer Substanzen

³ Intern sind auch sie eigenständige thermodynamische Systeme mit eigenen Gleichgewichtsprozessen.

kommt es zu einem ständigen thermodynamischen Einströmen sekundärer Energieträger und anderer niedermolekularer Stoffe in das Bläschen.

Ihre Bezeichnung als „reaktive Bläschen“ drückt aus, dass die systemerhaltende Dissimilation nur als (chemische) Reaktion auf die thermodynamische Zufuhr sekundärer Energieträger stattfinden kann. Durch die Dissimilation wird deren interne Konzentration erniedrigt, die dann den Konzentrationsausgleich auf dem thermodynamischen Wege der Diffusion ermöglicht.

2.5 Die Entwicklung der stabilen Individuen

Die Entwicklung der stabilen Phase des Urozeans konnte theoretisch widerspruchsfrei mit der Annahme verbunden werden, dass die Teile der sich entwickelnden Entitäten unveränderlich, eben stabil sind. Diese Annahme kann aber nicht mehr aufrecht erhalten werden, wenn angenommen werden soll, dass sich in den Bläschen autonom dissimilierende Komponenten herausbilden. Wenn dem so ist, dann muss auch eine Veränderlichkeit der individuellen Teile der sich entwickelnden überindividuellen Systeme angenommen werden. Diese Fähigkeit zu autonomer individueller Veränderlichkeit nenne ich ihre **Kreativität**.

Die Wahl dieses Terminus lag aus zwei Gründen nahe. Die individuelle Veränderlichkeit ist eine autonome Eigenschaft der Bläschen. Sie beruht darauf, dass die für die Kreativität bedeutsamen höhermolekularen Komponenten ihres internen Milieus durch ihre selektiv permeable Membran in keine eigenständige Wechselwirkung mit der unmittelbaren Umgebung treten können. Sie wechselwirken nur mit Komponenten des *internen* Milieus, dessen Beschaffenheit durch die selektive Membran individuell bestimmt ist. Zum anderen erfolgen diese internen Wechselwirkungen auf der Grundlage reaktionskinetischer Gesetze. Das aber sind statistische Gesetze, die keine Voraussagen über die Individualität der jeweils miteinander reagierenden mikroskopischen Teile zulassen. Aber gerade die entscheidet über die Beschaffenheit des Reaktionsprodukts. Die Annahme einer so definierten Kreativität der Individuen⁴ ist thermodynamisch und reaktionskinetisch möglich und mit den experimentellen Befunden verträglich.

⁴ Dass diese Verwendung des Terminus der Kreativität nichts mit kreationistischen Ansätzen zur Theorie der Biogenese zu tun haben, dürfte auf der Hand liegen.

Der in der Biologie häufig auch zur Bezeichnung der individuellen Veränderlichkeit benutzte Ausdruck „**Variabilität**“ wird selbst innerhalb der Biologie mehrdeutig verwendet. Er bezeichnet nicht nur die individuellen Veränderlichkeit, sondern auch die nur statisch aus den Resultaten der individuellen Veränderlichkeit, den **Varianten** oder **Varietäten** abzuleitende überindividuelle Eigenschaft der Phase, deren Teile die individuelle Veränderlichkeit aufweisen. Ich verwende den Terminus „Variabilität“ nur in diesem letzten überindividuellen Sinn als *Anteil von Varietäten* unter den Individuen einer Phase. Damit kann der Unterschied zwischen der individuellen und der überindividuellen Ebene auch terminologisch präzise erfasst werden.

*

Die Forderung nach dem Ein- Individuum- Stadium impliziert, dass die dissimilierende Komponente nur einmal entsteht. Theoretisch muss das reaktive Bläschen folglich aus dem letzten existierenden stabilen Bläschen hervorgehen.

Auf der empirischen Ebene bedeutet das nicht, dass die erforderliche neue funktionelle Komponente erst beim letzten existierenden Individuum entsteht. Empirisch kann das reaktive Bläschen auch vor dem letzten stabilen Bläschen entstehen. Beide Bläschentypen können zeitweilig nebeneinander bestehen. Auch in diesem Falle wird das reaktive Bläschen, das schließlich zum Ausgangspunkt der weiteren Entwicklung präbiotischer Systeme wird, durch Selektion bestimmt.

Ein Fall wie dieser wird in der Theorie irreversibler Prozesse „*Bifurkation* „ genannt und mittels mathematischer Methoden bearbeitet und grafisch dargestellt (s. S. **Fehler! Textmarke nicht definiert.!**). Solche Verzweigungen werden beispielsweise für kritische Etappen thermodynamischer Systeme entfernt vom Gleichgewicht untersucht. Dieser Gedanke soll hier nicht weiter verfolgt werden. Er wird nur angeführt, um deutlich zu machen, dass dieser systemtheoretische Ansatz einer Theorie der Biogenese mit anderen und allgemeineren Theorien verträglich ist.

Die Herausbildung eines dissimilierenden Apparats vollzieht sich kreativ als chemischer Prozess der Herausbildung neuer Eiweiße im stabilen System. So entstehen neue Varietäten, wodurch sich die Variabilität der präbiotischen Phase erhöht. Die

Herausbildung dissimilierender Varietäten ist solange nicht von selektiver Bedeutung, solange das bestehende Ungleichgewicht fern von seinem kritischen Stadium ist. Dissimilierende und nicht dissimilierende Varietäten koexistieren.

Mit der Annäherung an den kritischen Punkt erhalten die reaktiven Bläschen gegenüber den nur stabilen Bläschen jedoch einen Auslesevorteil. Sie überstehen das Verschwinden der primären Energieträger unbeschadet. Durch den nun eintretenden Zerfall der stabilen Bläschen wird der Urozean mit neuen sekundären Energieträgern angereichert, wodurch sich die Zeit bis zum Erreichen des kritischen Punktes verlängert.

Das theoretisch erforderliche Postulat des Ein- Individuum-Stadiums impliziert die Annahme, dass der dissimilierende Apparat nur einmal entstehen muss. Das ist die theoretische minimal erforderliche kreative Leistung der stabilen Phase. Die Annahme einer mehrfachen Entstehung der Dissimilation würde nur die Geschwindigkeit der weiteren Entwicklung nicht aber ihren grundsätzlichen Verlauf ändern.

Mit der Herausbildung der reaktiven Systeme entsteht ein neues thermodynamisches Ungleichgewicht zwischen konzentrierter Phase und Umgebung, das durch den Vorrat an sekundären Energieträgern bestimmt wird. Die Überwindung der am zweiten kritischen Punkt erreichten Grenze erfordert die Erweiterung des Systems durch ein neues Element. Dieses Element muss die Aufnahme von Energieträgern aus der Umgebung gegen den Diffusionsgradienten ermöglichen.

*

An dieser Stelle soll auf eine Eigenart der Beziehungen zwischen den überindividuellen Systemen und den Individuen, aus denen sie bestehen, hingewiesen werden, da sie in der weitere Rekonstruktion eine Schlüsselstellung einnehmen wird.

In thermodynamischen Systemen, die sich in einem Gleichgewicht befinden oder einem Gleichgewichtszustand zustreben, ergeben sich die makroskopischen Eigenschaften des Systems aus den mikroskopischen Eigenschaften der Teilchen und werden mittels statistischer Methoden ermittelt. Eine Beeinflussung der Teilchen durch das System ist in der Theorie der Thermodynamik nicht vorgesehen.

Mit der Entstehung präbiotischer Bläschen entstehen auf der Grundlage des stabilen Ungleichgewichts gerade solche nicht

vorgesehenen und daher im Rahmen der Thermodynamik nicht vorhersehbaren Beziehungen zwischen Teil und Ganzem. In Systemen im Ungleichgewicht kann eben das Unvorhergesehene geschehen und das Teil nimmt Eigenschaften an, die vom Ganzen bestimmt werden. Diese neuen Eigenschaften der Individuen werden dann wieder mittels statistischer Methoden als makroskopischen Eigenschaften des Ganzen erfasst.

Die Realisierung dieser neuen Beziehung wird zunächst durch die *Kreativität* der Individuen initiiert, wodurch sich die Variabilität des Gesamtsystems erhöht. Kreativität ist eine Eigenschaft der Individuen, die dem überindividuellen System nicht zukommt. Sie verändert jedoch die Variabilität, eine Eigenschaft des überindividuellen Systems, die den Konstituenten des überindividuellen Systems nicht zukommt.

Die Parameter, welche die zeitweilige Existenz des im Ungleichgewicht befindlichen Systems ermöglichen und damit limitieren, bestimmen nun auf dem Wege der Selektion, welche Varietäten erhalten werden und welche zerfallen müssen. Die das Ungleichgewicht limitierenden Parameter bestimmen also die Richtung der Selektion. Wie bereits dargelegt, kommt es zur Selektion und damit auch zu deren Ausrichtung erst dann, wenn das im Ungleichgewicht befindliche System sich seinem kritischen Punkt nähert.

Die Irreversibilität der Evolution ergibt sich aus dem Umstand, dass Kreativität und Selektion den kritischen Zustand eines thermodynamischen Ungleichgewichts zu einem Zeitpunkt überwinden, an dem dieser sein vorhersehbares Ende erreicht. Dieses Ende kann in der Wiederherstellung des Gleichgewichts bestehen oder ein neues Ungleichgewicht hervorbringen. In jedem Falle ist die Situation, welche die Existenz des jeweiligen Ungleichgewichts ermöglichte, beendet und kann abiotisch ohne zusätzliche (physikalische) Arbeit nicht wieder hergestellt werden.

3 Die Entstehung lebender Systeme

3.1 Die thermodynamische Grenze

Die Existenz der reaktiven Phase wird durch den Vorrat an sekundären Energieträgern begrenzt, die durch Diffusion in das Individuum eindringen. Nur wenn die reaktiven Systeme die Fähigkeit erlangen, diese physikalische Grenze zu überschreiten und Energieträger auch gegen den Diffusionsgradienten aufzunehmen, kann ihre weitere Existenz gewährleistet werden.

Der limitierende Faktor, die durch den 2. Hauptsatz der Thermodynamik gegeben ist, kann nicht im Rahmen der Gesetze der Thermodynamik überwunden werden. Es müssen Systeme entstehen, die Stoffe und Energie aktiv gegen den Diffusionsgradienten aufnehmen können. Die Gesetze, denen diese Systeme unterliegen, stehen nicht im Widerspruch zu den Gesetzen der Thermodynamik. Es sind jedoch Gesetze, die im Rahmen der Thermodynamik von Gleichgewichtssystemen nicht „vorgesehen“ sind. Sie sind deshalb auch nicht aus diesen ableitbar. Sie gelten erst in Systemen, die diese Schwelle überschreiten. Es sind dies die Gesetze des Lebens, die biotischen Gesetze. Die nun entstehenden **aktiven Bläschen** sind lebende Systeme.

Zur Beschreibung von Vorgängen der beschriebenen Art werden häufig philosophische Termini benutzt. In der marxistischen Philosophie sind beispielsweise Ausdrücke wie „dialektischer Sprung“ oder „Umschlag von allmählichen quantitativen Änderungen in neue Qualitäten“ gebräuchlich. Lorenz benutzt in Anlehnung an N. Hartmann die Ausdrücke „Fulguration“ und „Hiatus“ (Vgl. Lorenz, K. (1973), S. 47ff. S.212ff.!). Ich vermeide solche Ausdrücke, weil sie letztlich dazu führen, der Naturwissenschaft philosophische Gedankengänge überzustülpen, um dann die Ergebnisse der Naturwissenschaften zu benutzen, eben diese Philosophien „wissenschaftlich“ zu begründen.

Eher ist hier ein Fall gegeben, auf den der Gödel'sche Unvollständigkeitssatz zutrifft, nach dem in jeder axiomatisierten Theorie Sätze ableitbar sind, die mit den Mitteln dieser Theorie nicht bewiesen werden können. Da für die Ableitung der Aussage, dass zur anhaltenden Existenz der stabilen Systeme ein Stofftransport entgegen dem Konzentrationsgradienten nur die Sätze der axiomatisierbaren Theorie der Thermodynamik

erforderlich sind, ist aus diesen Sätzen nun ein Satz abgeleitet worden, der innerhalb dieser Theorie nicht beweisbar ist.

Dieser Fall beschreibt eine empirische Diskontinuität, die nicht als Sprung über einen Graben o. ä. Annahmen erklärt werden muss, sondern als Resultat eines einzigen Schrittes am Ende vieler gleichartiger Schritte. Es ist die Dissimilation des letzten sekundären Energieträgers, der durch Diffusion in das letzte stabile Bläschen gelangen konnte.

„Leben“ wird auf diese Weise nicht durch eine mehr oder weniger subjektive Auswahl eines Merkmalsatzes bestimmt, sondern durch die Bestimmung einer objektiv bestimmbar neuen Qualität von Systemen, die Gesetzen unterliegen, die nun nicht mehr im Gültigkeitsbereich der Gesetze der Thermodynamik liegen. Diese Zuordnung des Terminus „lebend“ bedarf wie jede Wahl einer Bezeichnung der Konvention. Sie ist für die theoretische Rekonstruktion des Lebens nicht essentiell. Die Zweckmäßigkeit dieser Zuordnung muss sich in der weiteren Analyse erweisen.

Abbildung 4 stellt das bei der Konstruktion des lebenden Systems zu lösende Konstruktionsproblem und eine hypothetische Lösung dar.

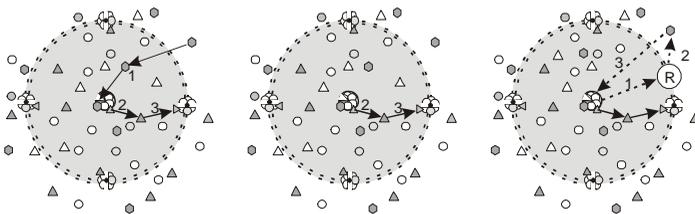


Abbildung 4: Konstruktionsproblem – die Pfeile markieren den Weg der sekundären Energieträger (R Resorber)

Das linke Bild zeigt das reaktive Bläschen, in das die sekundären Energieträger hinein diffundieren (1). Bei der Dissimilation wird die Energie auf die primären Energieträger (2) und von diesen auf die aktiven Poren (3) übertragen. Beim Erreichen des kritischen Punkts fällt der Weg 1 aus, es können keine sekundären Energieträger mehr in das Bläschen diffundieren (mittleres Bild).

Unter Nutzung der vorhandenen Strukturen wird die bei der Dissimilation freigesetzte Energie auf ein Konstrukt „R“ übertragen (rechtes Bild), welches mittels dieser Energie externe sekundäre Energieträger aus der Umgebung in das interne Milieu transportiert (2,3).

Modell 3. Stufe: Das aktive Bläschen

Reaktive Bläschen, deren Membran mit Transportmolekülen ausgestattet ist.

Zeitlich begrenztes thermodynamisch Ungleichgewicht.

Limitierender Faktor ist die Menge der sekundären Energieträger im Urozean.

Kritischer Wert: Null

Um die Überwindung der thermodynamischen Grenze auch darstellen zu können, reicht der begriffliche und terminologische Apparat der Thermodynamik nicht mehr aus, er gilt nur innerhalb der Grenzen der Thermodynamik, für die er entwickelt wurde. Dieser Umstand ist den Verhältnissen analog, die im so genannten „Gödel'sche Unvollständigkeitssatz“ formuliert sind. Dieser besagt, dass in jeder Theorie Sätze abgeleitet werden können, die mit den Mitteln dieser Theorie nicht bewiesen werden können. Dazu ist eine umfassendere Theorie erforderlich.⁵ Genau das trifft hier zu. Die nun erforderliche Theorie ist die der Biologie.

Der entscheidende Schritt der Weiterentwicklung des Bläschen-Modells ist die Ausstattung der Membranen mit **Resorbern**. Resorber können aus umgedrehten Aquaporinen⁶ konstruiert werden, indem sie die Fähigkeit zu selektiver Wirkung erhalten. Die Annahme solche Veränderungen der molekularen Ausstattung der Bläschen im Rahmen der reaktionskinetischen Kreativität der Teilchen sind mit den experimentell gesicherten Kenntnissen zur abiogenen Eiweißsynthese verträglich.

Die bei der Erforschung des Prozesses der Resorption von Stoffen durch die Membran der rezenten Zellen gewonnenen Erkenntnisse sind mit der Annahme verträglich, dass die verschiedenen rezenten Formen des Stofftransports durch Zellmembranen als entwickelte und differenzierte Formen dieser hypothetischen Transportmoleküle angesehen werden können.

Die Fähigkeit zu selektiver Wirkung ist eine spezifische Fähigkeit von Eiweißmolekülen. Sie ermöglicht irdisches Leben. Wegen ihrer universellen Bedeutung für die Entwicklung der lebenden Systeme auf der Erde sollen ausgewählte Erkenntnisse nachfolgend kurz referiert werden.

⁵ Dieser Fall wird im Verlaufe der Rekonstruktion noch mehrfach auftreten, ohne dass jeweils auf diesen Zusammenhang verwiesen wird. Man könnte solche Situationen „Gödel'sche Diskontinuitäten“ nennen (s. auch S. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**)

⁶ Zufällig gedrehte Aquaporine können sich in der Membran des reaktiven Bläschens erhalten, wenn ihre kontraproduktive Wirkung durch die Anzahl „richtig“ angeordneter aufgehoben wird.

3.2 Die Schloss-Schlüssel-Reaktion

Die Bedingungen in den stabilen und reaktiven Systemen führten zur Herausbildung immer größerer Eiweißmoleküle. Dabei wurden die Molekülketten nicht nur immer länger, sondern nahmen durch Aufrollen und Falten eine immer komplexere Struktur an. Diese komplexe Struktur des Eiweißmoleküls, seine **Konformation**, verleiht ihm auch eine hohe strukturelle und chemische Stabilität. Wechselwirkungen mit anderen Substanzen können auf bestimmte Bereiche des Moleküls, die sog. „reaktiven Zentren“ beschränkt werden. Wechselwirkungen der reaktiven Zentren führen zu einer Änderung der Konformation. Diese Änderungen sind jedoch reversibel, wodurch das Eiweißmolekül immer wieder seine ursprüngliche Konformation annehmen und unverändert aus der Wechselwirkung hervorgehen kann. Auf dieser Eigenschaft beruht die biokatalytische, enzymatische Funktion vieler Erweiße.

Die reaktiven Zentren wirken substratspezifisch, d. h. sie ermöglichen die zeitweilige Bindung nur an bestimmte Substratmoleküle. Diese Reaktionsweise der Eiweiße wird oft bildlich als „Schloss-Schlüssel-Reaktion“ bezeichnet. So müssen Zucker dissimilierende Moleküle einen „Schlüssel“⁷ für Zucker haben.

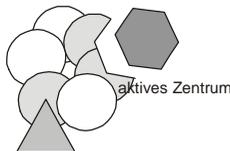


Abbildung 5 : Zu Zucker passendes phosphoryliertes Eiweißmolekül (●: Zuckermolekül, ▲ Adenosinphosphat-, energiereich)

Eine weitere Besonderheit der Eiweiße ist ihre Fähigkeit zur Phosphorylierung. Eiweiße gehen mit Adenosinphosphaten reversible Bindungen ein, durch welche eine bestimmte Energiemenge auf das Eiweiß übertragen wird.⁸

In diesem energetisch angeregten, aktivierten Zustand besitzen Eiweißmoleküle die Fähigkeit zum Vollzug spezifischer

⁷ Diese Zuordnung der Ausdrücke „Schlüssel“ und „Schloss“ ist willkürlich.

⁸ Adenosinphosphate verhalten sich wie aufladbare Batterien. Bei der Phosphorylierung erhält das Molekül gewissermaßen eine aufgeladene Batterie, „verbraucht“ deren Energie und gibt sie leer wieder ab.

endothermer Reaktionen. So können sie ihre Gestalt verändern und sich dadurch bewegen („zappeln“). Insbesondere können sie Energie erfordernde chemische Bindungen mit ihren „Schloss-“ Molekülen eingehen.

In den rezenten Zellen werden diese Funktionen von den Enzymen ausgeführt. Unter den Bedingungen des stabilen Systems⁹ konnten Enzyme und andere Eiweiße der verschiedensten Art entstehen. Diese wiederum konnten biokatalytische Prozesse im präzellularen System initiieren.

Auf dieser spezifischen Fähigkeit der Eiweiße beruht auch ihre Fähigkeit zum Transport von Molekülen durch die Membran in das Innere des Systems. Wenn solche Eiweißmoleküle in die Membran eingebaut werden, können sie in angeregtem Zustand Bindungen mit Substanzen ihrer Umgebung eingehen und diese so in das System einschleusen (Abbildung 6).

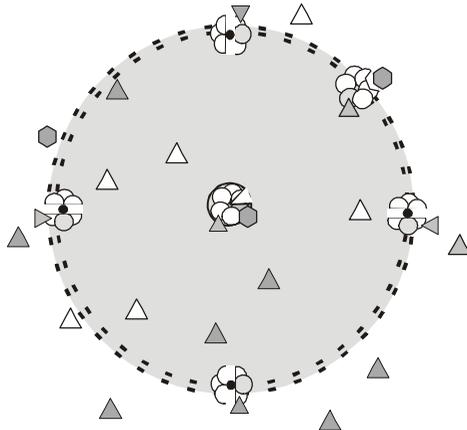


Abbildung 6: Reaktives System mit resorbierenden Membraneiweißen (☉ Aktive Pore, phosphoryliert, ▲ Adenosinphosphat, energiereich, ☼ dissimilierendes Eiweiß, ◻ sekundäre Energieträger, ☼ Resorber)-auf die Darstellung des Wassers wurde verzichtet

⁹ Es ist experimentell gelungen, in Gegenwart von bestimmten Tönen und schwer löslichen Metallsulfiden aus wässriger Lösung Polypeptide mit bis zu 60 Aminosäuren zu synthetisieren! Man weiß weiter, dass bereits Polypeptide mit 20 bis 30 Aminosäuren dazu geeignet sind, Proteine aus 200 Aminosäuren und mehr katalytisch von selbst aufzubauen. Durch die abiotische Polypeptidsynthese hätte also eine große Anzahl wirksamer Biokatalysatoren entstehen können (Biofilmtheorie).

Die heute lebenden Zellen realisieren diese Aufgabe durch spezifische **resorbierende Membranproteine**. Sie aktivieren die aufzunehmenden Stoffe und schleusen sie durch einen Membrankanal in das Innere der Zelle, wo sie in den Stoffwechsel einbezogen werden

3.3 Die Fotosynthese

In der bisher rekonstruierten Form können lebende Systeme nur in einer Umwelt leben, die sekundäre Energieträger bereitstellt, wie diese ursprünglich abiogen im Urozean entstanden waren. Die Vorräte des Urozeans an diesen Energieträgern werden durch die Tätigkeit der lebenden Systeme aufgebraucht und eine Neubildung ist unter den Bedingungen des abgekühlten Urozeans nicht mehr möglich. Der Urozean erreicht seinen dritten kritischen Punkt.

Dessen Überwindung erfordert einen weiteren logischen Schritt bei der Rekonstruktion der Entwicklung lebender Systeme. Die lebenden Systeme müssen die Fähigkeit erlangen, verfügbare energiearme Ressourcen des Urozeans zu ihrer Erhaltung zu nutzen und unter Einbeziehung anderer Energiequellen die erforderlichen internen sekundären Energieträger intern zu synthetisieren. Dieser Schritt ist die Herausbildung lebender Systeme, die zur Fotosynthese befähigt sind. Kohlendioxid und Wasser sind ebenfalls abiogen entstandene Bestandteile des Urozeans. Die Energie des Sonnenlichts ist ständig verfügbar und verbraucht sich für irdische Verhältnisse nicht. Der Erwerb der Fähigkeit, Kohlendioxid und Wasser mithilfe der Energie des Sonnenlichts zu systemeigenen sekundären Energieträgern wie Zucker zu synthetisieren, machte die lebenden Systeme energetisch **autark**. Die autarken lebenden Systeme sind nur noch von den endlichen abiogen entstandenen stofflichen Ressourcen des Urozeans abhängig.

Die Annahme, dass sich Eiweiße herausbilden, welche die Fähigkeit zur Fotosynthese besitzen, kann widerspruchsfrei als Leistung der lebenden Systeme angesehen werden und ist mit den vorliegenden empirischen Erkenntnissen vereinbar.

Auch energetisch autarke lebende Systeme befinden sich mit ihrer Umgebung in einem thermodynamischen Ungleichgewicht. Dieses Ungleichgewicht ist jedoch nur stofflich, da sich die Sonne als nichtstofflicher Energieträger im Rahmen dieses theoretischen Modelle nicht verbraucht. Der limitierende Faktor dieses thermodynamischen Ungleichgewichts ist die Menge des

fotosynthetisch nutzbaren Vorrats an anorganischer Substanz. Der kritische Wert ist Null.

Die theoretisch nutzbare Menge von anorganischer Substanz wird durch die Energie bestimmt, die zur Überwindung der Konzentrationsdifferenz zwischen Umwelt und lebendem System erforderlich ist. Je geringer der anorganische Stoffvorrat wird, desto größer wird die erforderliche Energie, die vom lebenden System aufgewendet werden muss. Auch diese Energie ist limitiert, Beim Erreichen des Maximums zerfällt das autarke System und das Leben erlischt.

Modell 4. Stufe: Das autarke Bläschen

Aktive Bläschen mit aktiver Membran

Resorber und Ausscheider bedingen den biotischen Stoffaustausch

Zeitlich begrenztes thermodynamisches Ungleichgewicht.

Limitierender Faktor ist die Menge der nutzbaren anorganischen Substanz im Urozean.

Kritischer Wert: Diffusionsgeschwindigkeit Null

Selbst wenn angenommen wird, dass autarke und aktive Bläschen koexistieren, bleibt die Zeit, die bis zum Erreichen des trophischen Limits des fotosynthetischen Ungleichgewichts verstreicht, begrenzt. Sie wird nur verlängert, weil durch den Stoffwechsel der aktiven Bläschen mit Kohlendioxid und Wasser Ressourcen für den autarken Stoffwechsel entstehen. Da aktiven Bläschen mit dem Erreichen ihres Limits jedoch notwendig zerfallen, strebt auch das fotosynthetische Ungleichgewicht zwischen biotischer und abiotischer Phase notwendig seinem Ende zu.

Auf dieser Stufe der Entwicklung des Lebens gibt es Beziehungen nur zwischen den lebenden Systemen und der abiotischen Umwelt. Beziehungen zwischen lebenden Systemen insbesondere zwischen aktiven und autarken Systemen sind noch nicht entstanden.

3.4 Allgemeine Bestimmungen des Lebendigen

Eine der theoretischen Grundlagen der systemtheoretischen Rekonstruktion der Biogenese ist die Thermodynamik. Die lebenden Bläschen sind wie die biotische Phase als Ganzes thermodynamische Systeme. Ihre besonderen Eigenschaften wurden auf der Grundlage der Gesetze der klassischen und der statistischen Thermodynamik sowie der Gesetze der Reaktionskinetik rekonstruiert. Auf dieser Grundlage konnten spezifische Eigenschaften der präbiotischen Phase des Urozeans

und ihrer Komponenten abgeleitet werden, die nicht allen thermodynamisch möglichen Phasen zukommen, sondern nur der hier dargestellten, aus der schließlich lebende Systeme hervorgehen konnten. Das kennzeichnet diese thermodynamische Phase als *präbiotische Phase* des Urozeans.

Einige der sich im Prozess der Entwicklung der präbiotischen Phase herausbildenden spezifischen Eigenschaften sind für die weitere Rekonstruktion der menschlichen Seinsweise von besonderer Bedeutung und werden daher im Folgenden näher analysiert. Die Auswahl dieser näher zu analysierenden Bestimmungen ergibt sich aus der Aufgabe, die ich mir für dieses Buch gestellt habe. und ist daher in gewissem Maße auch subjektiv.

3.4.1 Das allgemeine theoretische Modell des ursprünglichen lebenden Systems

Die entscheidende Bedingung für die Entstehung lebender Systeme ist die Vollendung ihrer **aktiven Membran**. Die Herausbildung der aktiven Membran beginnt mit der Entstehung der aktiven Poren, sie wird fortgesetzt mit der Entwicklung **Exkretoren**, die selektiv und aktiv Substanzen aus dem internen Milieu des Bläschens entfernen können.¹⁰

Mit dem Konstrukt der aktiven Membran kann im allgemeinen theoretischen Modell des lebenden Systems auf die semipermeable Membran verzichtet werden, die zu seiner Herausbildung im Urozean erforderlich war. Sie ist nicht länger funktionell notwendiges Element des theoretischen Modells lebender Systeme, wird folglich nicht mehr zu seiner Erklärung gebraucht. Die Membran lebender Systeme muss folglich als *stofflich impermeable* Membran rekonstruiert werden.

Lebende Systeme sind thermodynamisch gesehen stofflich abgeschlossene Systeme.¹¹ Die Bestimmung lebender Systeme als stofflich abgeschlossene Systeme bedarf der Erläuterung, werden doch lebende Systeme üblicherweise als offene Systeme

¹⁰ Sie können als Aquaporine mit differenzierter selektiver Wirkung gedacht werden.

¹¹ Je nach Art der Beziehung zu ihrer Umgebung unterscheidet man in der Thermodynamik offene, abgeschlossene und isolierte Systeme. Bei einem offenen System kommt es mit der Umgebung zum Materie- und Energieaustausch Ein abgeschlossenes System kann nur Energie, jedoch keine Materie mit seiner Umgebung austauschen Ganz im Gegensatz dazu steht das isolierte System, bei dem weder Materie- noch Energieaustausch mit der Umgebung stattfindet.

par excellence angesehen. Die hier postulierte stoffliche Isolation der lebenden Systeme ist eine thermodynamische Isolation, d. h. der stattfindende Stoffaustausch wird nicht durch thermodynamische Prozesse wie Diffusion oder Osmose bestimmt, sondern durch die Eigenschaften der mit Resorbern und Exkretoren ausgestatteten aktiven Membran der lebenden Systeme.

Die Ausstattung des theoretischen Modells des ursprünglichen lebenden Systems mit einer stofflich impermeablen Membran ist eine theoretische Idealisierung, die reale lebende Systeme ebenso wenig erreichen, wie ein realer Transformator die Werte seines theoretischen Modells.

Modell 5. Stufe: Die ursprünglichen lebenden Systeme

Aktive Bläschen mit stofflich impermeabler, aktiver Membran.

Resorber und Exkretoren gestalten den biotischen Stoffaustausch.

Zeitlich begrenztes thermodynamisches (chemisches) Ungleichgewicht.

Limitierender Faktoren :Menge der nutzbaren Komponenten der abiotischen Phase und Lichtenergie

Kritischer Wert: Null

Alle Verbindungen lebender Systeme zu ihrer Umgebung werden mittels spezifischer Resorber und Exkretoren durch das System selbst unter Einsatz systemeigener Energie realisiert und so durch die Systemeigenschaften bestimmt. Der Stoffaustausch lebender Systeme mit ihrer Umgebung ist nicht länger ein thermodynamischer Prozess, er ist ein aktiver **biotischer Prozess** geworden. Seine Gesetze können nur durch die Analyse des lebenden Systems beschrieben und analysiert werden.

Nun gilt es, dieses Modell zu analysieren und weitere Eigenschaften des Lebendigen aus ihm abzuleiten. Da diese neuen Eigenschaften aber nicht aus den Gesetzen der Thermodynamik abgeleitet werden können, können sie nur durch Analyse der Existenzweise der lebenden Systeme selbst gefunden werden. Das erfordert die Entwicklung eines dazu geeigneten begrifflichen und terminologischen Apparats jenseits der Begriffe und Termini der Thermodynamik. Es ist der begriffliche und terminologische Apparat der Biologie.

3.4.2 Der Begriff der Tätigkeit

Die nachfolgende Zuordnung der meisten Termini zur Kategorie der Tätigkeit geht auf Leontjew (1964) zurück. Die entsprechenden Literaturstellen sowie Übereinstimmungen und Unterschiede der Standpunkte werden im Interesse der Straffung des Textes hier nicht im Einzelnen angegeben und erörtert.

Ich habe die aktiven und die autarken Bläschen als „lebende Systeme“ bestimmt und das damit begründet, dass hier Gesetze zu wirken beginnen, die nicht mehr auf die Gesetze der Thermodynamik reduzierbar oder aus ihnen ableitbar sind. Sie können nur aus den Bestimmungen des Lebendigen selbst abgeleitet werden. Die dazu erforderlichen Begriffe und Termini sollen nun entwickelt werden.

Da die Wechselwirkung der lebenden Systeme nicht mehr ein thermodynamischer sondern ein biotischer Prozess ist, sollte diese spezifische Form der Wechselwirkung einen eigenen Terminus erhalten. Ich nenne sie „**Tätigkeit**“. Wie gezeigt werden wird, ermöglicht diese Zuordnung die terminologisch und begrifflich konsistente Rekonstruktion auch der entwickelten menschlichen Tätigkeit, wobei gewährleistet ist, dass große Bereiche der Tätigkeitstheorie insbesondere der kulturhistorischen Schule der Psychologie widerspruchsfrei zugeordnet werden können.

Die spezifische Wechselwirkung der Tätigkeit kommt nur in einer besonderen Konstellation des Urozeans zustande, nämlich genau dann, wenn die Gesetze der Thermodynamik es nicht mehr zulassen, dass das thermodynamische Ungleichgewicht zwischen biotischer und abiotischer Phase weiter existiert. Dann müssen Prozesse stattfinden, die in einer Richtung verlaufen, die der Richtung entgegengesetzt sind, die aus den Gesetzen der Thermodynamik ableitbar ist.

Diese Prozesse können nur Prozesse der biotischen Phase sein, denn nur in dieser können infolge der Kreativität und entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht Strukturen entstehen, die zu solchen Prozessen geeignet sind. Diesen Zustand des biotischen Systems nenne ich sein „**Bedürfnis**“. Der Bedürfniszustand ist dadurch gekennzeichnet, dass das biotische System nur erhalten bleiben kann, wenn der Prozess, durch den dieser Zustand entstand, seine Richtung umkehrt. Das kann nur durch Vorgänge erfolgen, die nicht mehr als *Reaktionen* auf eine thermodynamische Einwirkung stattfinden, sondern als *autonome Aktionen des biotischen Systems*. Die Möglichkeit dazu ist in dem Vorrat an sekundären Energieträgern gegeben, die während der Existenz des stabilen Bläschens in dieses eingedrungen sind. Wenn auch diese erschöpft sind, hört die biotische Phase auf zu existieren. Dieser Zustand des Urozeans enthält also die Möglichkeit einer thermodynamischen Bifurkation (s. S. 22 und S. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**!). Die Entstehung von

Leben ist eine Möglichkeit des Verlaufs der Entwicklung des thermodynamischen Systems entfernt vom Gleichgewicht.

Mit der Entstehung des Bedürfnisses kehrt sich die zeitliche Abfolge der Schritte der Wechselwirkung um. Wie in Abbildung 4 dargestellt, müsste die Dissimilation zum Erliegen kommen, wenn der Stofffluss beim Erreichen seines kritischen Wertes zum Stillstand kommt. Die Dissimilation kann nicht mehr als Reaktion thermodynamisch ausgelöst werden, womit das Schicksal der präbiotischen Systeme besiegelt wäre. Der systemeigene Vorrat an sekundären Energieträgern ermöglicht es jedoch, dass die Dissimilation für eine gewisse Zeit anhält (Abbildung 4 Mitte), so dass Resorber energetisch befähigt werden, sekundäre Energieträger auch gegen den Konzentrationsgradienten aufzunehmen (Abbildung 4 rechts).

Diese Wechselwirkung wird offensichtlich nicht durch Komponenten der Umgebung ausgelöst, sondern durch das biotische System. Wenn man zur Beschreibung dieses Zusammenhangs die Termini „Ursache“ und „Wirkung“ (in deren naiv-umgangssprachlicher Bedeutung) benutzen wollte, könnte man das Bedürfnis als die Ursache der Tätigkeit ansehen. Die qualitative Besonderheit dieser Beziehung wird jedoch durch das Wort „Antrieb“ anschaulicher ausgedrückt. Das Bedürfnis ist der Antrieb der Tätigkeit¹².

Damit wird auch die Reflexivität dieser Beziehung erfasst. Der Antrieb ist nicht wie die Ursache auf eine andere Entität gerichtet, sondern auf das lebende System selbst, es ist **sein** Antrieb und **seine** Tätigkeit. Da die Tätigkeit darin besteht, dass das lebende System seinen Zustand des thermodynamischen Ungleichgewichts erhält, ist die Formulierung, dass das lebende System durch die Tätigkeit *sich selbst* erhält, bar jeder Teleologie.

Da lebende Systeme mit einer reaktionskinetisch impermeablen **biotisch aktiven Membran** ausgestattet sind, muss das lebende System über die systemeigene Synthese geeignete Resorbereiwieße hervorbringen. Resorber sind dann geeignet, wenn diese in Gestalt ihrer aktiven Zentren einen Schlüssel zu einem sekundären Energieträger der Umgebung besitzen. Mit der Synthese eines Resorbers **definiert** das System sein Bedürfnis. Es bedarf genau eines solchen sekundären Energieträgers, zu dem es einen Schlüssel besitzt. Nur in diesem

¹² „Antrieb“ muss von „Trieb“ unterschieden werden. Die Kategorie „Trieb“ wird im Kapitel 5 ab S. **Fehler! Textmarke nicht definiert.** eingeführt.

Falle kann es zur Tätigkeit kommen, im anderen Falle zerstört sich das lebende System durch die Dissimilation selbst. Die Entstehung des Bedürfnisses ist also eine kreative Leistung des lebenden Systems. Die Tätigkeit ist die spezifische Art und Weise der Existenz, des Seins lebender Systeme. *Die Tätigkeit ist ihre spezifische Seinsweise.* In der Tätigkeit realisiert das lebende System seine **trophische Beziehung** zu seiner Umgebung.

Indem das lebende System bestimmte resorbierende Membranproteine hervorbringt und diese durch Phosphorylierung über die Dissimilation in einen aktiven Zustand versetzt, definiert es die Wechselwirkungen, zu denen es bereit ist. Aus der Menge möglicher Wechselwirkungen zwischen System und Entitäten der Umgebung wird eine Teilmenge ausgezeichnet, zu denen das lebende System in Beziehung treten kann. Aus der Umgebung des lebenden Systems konstituiert es seine **Umwelt**.¹³

Mit dem Begriff der Umwelt wird der Begriff der Umgebung in den Bereich des Lebendigen weitergeführt. Ebenso wie das stabile oder reaktive System nur als Phase eines Gesamtsystems verstanden werden kann, können das lebende System und seine Umwelt nur als „Phasen“ des einheitlichen Gesamtsystems „Organismus – Umwelt“ verstanden werden. Umwelt und lebendes System entstehen in demselben Prozess.

3.4.3 Subjekt und Gegenstand

Die beiden Partner der Tätigkeit sind **Subjekt** und **Gegenstand**. Das lebende System wird zum Subjekt, indem es sein Bedürfnis definiert. Damit werden die Bedingungen festgelegt, unter denen das Subjekt seine Identität mit sich selbst erhalten kann. Damit werden auch die Entitäten der Umwelt als Gegenstände identifiziert, welche das Bedürfnis befriedigen können. Sie werden Elemente einer Objektklasse, deren gemeinsames Merkmal ihre Eignung als Gegenstand des Bedürfnisses eines Subjekts ist.

Die Tätigkeit beginnt also mit dem Bedürfnis. Das Bedürfnis ist kein Mangelzustand des Subjekts, es ist ebenso eine aktive Leistung des Subjekts wie die Tätigkeit als Akt seiner Befriedigung.

¹³ Auf eine Analyse und Diskussion der in der Biologie anzutreffenden Umweltbegriffe kann hier verzichtet werden. Unter diesen Begriffen sind auch solche, die, wie der von v. Uexküll, der hier vertretenen Auffassung sehr nahe kommen.

Subjekt und Gegenstand entstehen also stets gleichzeitig im Prozess des Setzens des Bedürfnisses. Als Begriffe können sie daher nur in Bezug aufeinander definiert werden. Ein lebendes System ist nur Subjekt in Bezug auf einen bestimmten Gegenstand und eine Entität ist nur Gegenstand für ein bestimmtes Subjekt.

Das Entstehen einer neuen Art und Weise des Seins materieller Systeme macht es erforderlich, die logische Struktur gefundener Prädikate genauer zu betrachten, mit denen diese abgebildet werden. Dabei ist zwischen der Anzahl der Stellen der Prädikate und ihrer logischen Stufe zu unterscheiden. Am Subjektbegriff soll dies exemplarisch dargestellt werden.

„Tätigkeit“ T ist eine Beziehung, d. h. ein zweistelliges Prädikat 1. Stufe¹⁴ des lebenden Systems:

(1) $T(x, y)$

wobei x die Individuenvariable für das lebende System und y die Individuenvariable für Entitäten der Umwelt ist. Das lebende System wird durch sein Bedürfnis zum Subjekt und die Umweltentität zu seinem Gegenstand. „Subjekt“ ist so die Eigenschaft, die das System x durch sein Bedürfnis nach y erlangt. Indem das Bedürfnis mit der Entität y identifiziert wird, wird diese zum Gegenstand des Subjekts.

Die Individuenvariablen x und y können als Werte der Objektstufe nur die Werte „lebendes System“ bzw. „Umweltentität“ annehmen.

Das Subjekt ist die Qualität, die ein lebendes System durch das Identifizieren einer Umweltentität als Gegenstand eines Bedürfnisses erhält. Subjekt zu sein kommt einem lebenden System in Bezug auf genau einen Gegenstand zu. Das Erwerben des Subjektseins durch das lebende System ist daher ein singulärer Akt.

Ein lebendes System kann mehrfach Subjekt sein, d. h. Subjekt verschiedener Gegenstände. Der singuläre Akt des Subjektseins ist also beliebig oft wiederholbar. Daraus folgt, dass auch die Kategorie „Tätigkeit“ ein Begriff der Prädikatenstufe ist. Ein Wechselwirkung zwischen lebendem System und Umwelt

¹⁴ Zur Veranschaulichung kann man beispielsweise an das Prädikat „Mutter“ denken, das nur in Bezug auf das Prädikat „Kind“ gedacht werden kann.

wird dann Tätigkeit, wenn sie zur Befriedigung eines Bedürfnisses führt.

Die Begriffe „lebendes System“ und „Subjekt“ sind also nicht identisch. Subjekt *wird* das lebende System, indem es einen Gegenstand als sein Bedürfnis definiert. Wenn im Folgenden von Subjekten die Rede ist, ist von lebenden Systemen die Rede, die einen Gegenstand als Bedürfnis definiert haben.

Das lebende System kann sich also nur erhalten, indem es sich immer wieder als Subjekt setzt, d. h. das Prädikat des Subjektseins erwirbt. Wenn es nicht mehr Subjekt wird, stirbt es.

Ebenso kann eine Umweltentität mehrfacher Gegenstand, d. h. Gegenstand verschiedener Subjekte sein. Wenn zwei Subjekte ein und dieselbe Entität als Gegenstand ihres Bedürfnisses identifizieren, sind sie als Subjekte identisch. Sie sind **identische Subjekte**, obwohl es sich weiter um zwei verschiedene lebende Systeme handelt¹⁵. Nur ein Subjekt kann die Tätigkeit vollziehen und sein Bedürfnis befriedigen. Identische Subjekte sind deshalb ursprünglich **Antagonisten**.

Subjekte erhalten sich in der Tätigkeit, d. .h. ihre Identität mit sich selbst. Die Erhaltung der abstrakten Identität des Subjekts ist das Resultat der Tätigkeit. Der Gegenstand der Tätigkeit verliert im Resultat der Wechselwirkung seine abstrakte Identität, er ist nach dem Vollzug der Tätigkeit nicht mehr als er selbst vorhanden. Der Gegenstand wird in der Tätigkeit **zerstört**.

Im praktischen Gebrauch des Terminus „Subjekt“ tritt dieser oft an die Stelle des Terminus „lebendes System“ und anderer Termini, wie beispielsweise der Ausdrücke „Organismus“ oder „Lebewesen“. „Das Subjekt“ meint stets das lebende System „als Subjekt“.

Das ist unproblematisch, solange der eben erläuterte Zusammenhang beachtet und explizit nicht berührt wird. „Als Subjekt“ hat das lebende System beispielsweise keine Masse, wie der ideale Massepunkt keine Ausdehnung hat.

Wirklich problematisch wird das erst, wenn es um menschliche Subjekte mit ideellen Gegenständen geht. Dann muss genau zwischen „lebendem System“ und „Subjekt“ unterschieden werden. Das geht aber nur, wenn auch bereits in Bezug auf die Begriffe, aus denen schließlich die Begriffe zur Abbildung der

¹⁵ Definitionen dieser Art werden in der Logik auch als „Definition durch Abstraktion“ bezeichnet.

menschlichen Bestimmungen abzuleiten sein werden, eine präzise Terminologie eingeführt wurde.

„Subjekt“ ist ein (zweistelliges) Prädikat, das ein lebendes System erhält, wenn es in den Zustand des Bedürfnisses gerät. Ein lebendes System wird Subjekt, indem es den Gegenstand seines Bedürfnisses definiert. Ein lebendes System, das sich als einmaliges Subjekt definiert hat, nenne ich „**Individuum**“.

Die hier entwickelte Verwendung der alles Folgende tragenden Termini „Tätigkeit“, „Subjekt“ und „Gegenstand“ gehen auf Leontjew zurück. Zur Kategorie Subjekt schreibt er:

„In der anorganischen Welt stehen die an der Wechselwirkung beteiligten Körper in prinzipiell gleichem Verhältnis zueinander. Das Verhältnis des lebenden Körpers wandelt sich dagegen auf der Stufe des organischen Lebens. Der organische Körper verändert sich, indem er sich selbst erhält, wächst und vermehrt; es handelt sich bei ihm um einen aktiven Prozeß. Der unbelebte Körper dagegen wird durch äußere Einwirkungen verändert. Dieser Sachverhalt läßt sich auch anders ausdrücken: Der Übergang von den Formen der Wechselwirkung, die der anorganischen Welt eigen sind, zu Formen, wie sie für die lebende Materie typisch sind, findet seinen Ausdruck in der Tatsache, daß einerseits ein *Subjekt* und andererseits ein *Objekt* der Einwirkung hervorgehoben werden kann.“ (Leontjew 1964, S.26)

Die Begriffe „Tätigkeit“ und „Gegenstand“ definiert er wie folgt:

„Wir werden die spezifischen Prozesse, die ein Lebewesen vollzieht und in denen sich die aktive Beziehung des Subjekts zur Wirklichkeit äußert, von anderen Vorgängen abgrenzen und als Prozesse der *Tätigkeit* bezeichnen. Zugleich wollen wir auch den Begriff des Gegenstandes einengen, der gewöhnlich in doppeltem Sinne verwendet wird: im weiteren Sinne als Ding, das in irgendeinem Verhältnis zu anderen Dingen steht, und im engeren Sinne als etwas, was uns gegenübersteht (deutsch „Gegenstand“), was uns entgegentritt (lat. „objectum“), worauf sich die Aktion richtet, das heißt als etwas, zu dem das Lebewesen in Beziehung tritt und das es zum *Gegenstand seiner Tätigkeit* macht, und zwar gleichgültig, ob es sich um eine innere oder eine äußere Tätigkeit handelt (beispielsweise *Gegenstand der Nahrung*, *Gegenstand der Arbeit*, *Gegenstand der Überlegungen*). In unseren weiteren Ausführungen werden wir den Begriff „Gegenstand“ in diesem engeren, speziellen Sinne gebrauchen.

Jegliche Tätigkeit eines Organismus richtet sich auf diesen oder jenen Gegenstand; eine gegenstandslose Tätigkeit ist undenkbar. Wollen wir also die Tätigkeit betrachten, dann müssen wir vor allem hervorheben, was ihren tatsächlichen Gegenstand bildet, das heißt das Objekt der aktiven Beziehung des Organismus.“ (Leontjew 1964, S.29)

Wie die angeführten Textstellen zeigen, führt Leontjew die grundlegenden Kategorien der Psychologie auf den Beginn der biotischen Evolution zurück. Die Entwicklung der grundlegenden psychologischen Kategorien rekonstruiert er dann durch Rekonstruktion der diesen zugrunde liegenden Tätigkeitsformen.

Diese bereits vor dem zweiten Weltkrieg entwickelten und auch für die Biologie bedeutsamen Begriffsbildungen wurden jedoch von Biologen kaum rezipiert. Deshalb konnten ihre Potenzen bei der weiteren Entwicklung der theoretischen Grundlagen der Biologie auch nicht zum Tragen kommen. Die hier durchgeführte Rekonstruktion der Biogenese zeigt, dass gerade die Fortschritte der Biochemie die Tragfähigkeit des Leontjew'schen Ansatzes deutlich gemacht haben.